

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr Ing.  
**Roberto Palewicz**

**Auswahl, Konzeption und  
prototypische Implementation  
einer Virtual Desktop  
Infrastruktur am Beispiel der  
Tirol Kliniken GmbH**

Mittweida, 2017



## **DIPLOMARBEIT**

---

# **Auswahl, Konzeption und prototypische Implementation einer Virtual Desktop Infrastruktur am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH**

Autor:  
**Herr Ing.**

**Roberto Palewicz**

Studiengang:  
**Technische Informatik**

Seminargruppe:  
**KT11wIA-F**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr.-Ing. Uwe Schneider**

Zweitprüfer:  
**Ing. Mag. Arthur Meßner**

Einreichung:  
**Mittweida, 31. Mai 2017**

Verteidigung/Bewertung:  
**Mittweida, 2017**



# **DIPLOMA THESIS**

---

## **Selection, concept and prototypical implementation of a virtual desktop infrastructure using the example of Tirol Kliniken GmbH**

author:  
**Mr. Ing.**

**Roberto Palewicz**

course of studies:  
**Computer Engineering**

seminar group:  
**KT11wIA-F**

first examiner:  
**Prof. Dr.-Ing. Uwe Schneider**

second examiner:  
**Ing. Mag. Arthur Meßner**

submission:  
**Mittweida, May 31, 2017**

defence/ evaluation:  
**Mittweida, 2017**



## **Bibliografische Beschreibung:**

Palewicz, Roberto:

Auswahl, Konzeption und prototypische Implementation einer Virtual Desktop Infrastruktur am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH. - 2017. - IX, 77, V S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät für Angewandte Computer- und Biowissenschaften, Diplomarbeit, 2017

## **Referat:**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Implementation einer Virtual Desktop Infrastruktur (VDI). Dies wird am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH dargestellt. Im theoretischen Teil werden die Grundlagen der Virtualisierung und die Komponenten einer VDI betrachtet. Im praktischen Teil findet eine Auswahl und Konzeptionierung einer geeigneten VDI-Lösung für das Beispielunternehmen statt. Nach der Dimensionierung und prototypischen Implementation, erfolgt eine Überprüfung des benötigten Ressourcenbedarfs des VDI-Konzeptes.





**Abstract:**

This thesis deals with the implementation of a Virtual Desktop Infrastructure (VDI). This is illustrated using the example of Tirol Kliniken GmbH. In the theoretical part, the basic principles of virtualization and the components of a VDI are considered. In the practical part, a suitable VDI solution for the company is selected and a concept is drafted. After the dimensioning and prototypical implementation, the required resource requirements of the VDI concept are examined.



# Inhalt

<b>INHALT.....</b>	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>IV</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>VII</b>
<b>VORWORT .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 AUSGANSSITUATION, MOTIV UND ZIELSETZUNG.....	1
1.2 KAPITELÜBERSICHT .....	2
<b>2 GRUNDLAGEN DER VIRTUALISIERUNG UND KOMPONENTEN EINER VIRTUAL     DESKTOP INFRASTRUKTUR .....</b>	<b>3</b>
2.1 VIRTUALISIERUNG ALLGEMEIN .....	3
2.2 SERVERVIRTUALISIERUNG .....	4
2.2.1 <i>Typ 1 – Hypervisor -basierend</i> .....	5
2.2.2 <i>Typ 2 – Host-basierend</i> .....	6
2.3 DESKTOPVIRTUALISIERUNG .....	7
2.3.1 <i>Clientseitige Desktopvirtualisierung</i> .....	7
2.3.2 <i>Serverseitige Desktopvirtualisierung</i> .....	8
2.3.2.1 Persönlicher physischer Desktop - Blade PC .....	8
2.3.2.2 Remote Desktop Services – RDS.....	9
2.3.2.3 Virtuelle Desktop Infrastruktur – VDI.....	9
2.4 KOMPONENTEN EINER VIRTUAL DESKTOP INFRASTRUKTUR.....	9
2.4.1 <i>Client</i> .....	10
2.4.2 <i>Broker</i> .....	10
2.4.3 <i>Virtualisierungsserver</i> .....	11
2.4.4 <i>Virtueller Desktop</i> .....	11
<b>3 AUSWAHL EINER VIRTUAL DESKTOP INFRASTRUKTUR EINES ANBIETERS. 13</b>	
3.1 ZIEL .....	13
3.2 ANFORDERUNGEN .....	14
3.3 MARKTÜBERSICHT .....	15
3.4 SCREENING .....	15
3.4.1 <i>Citrix</i> .....	17
3.4.2 <i>Microsoft</i> .....	19

3.4.3	VMware .....	22
3.5	ENDAUSWAHL .....	24
3.5.1	Paarvergleich .....	24
3.5.2	Gewichtete Tabelle .....	26
3.6	ENTSCHEIDUNG .....	27
3.7	ÜBERSICHT DER WEITEREN VORGEHENSWEISE .....	28
<b>4</b>	<b>KONZEPTIONIERUNG UND DIMENSIONIERUNG DER VIRTUAL DESKTOP INFRASTRUKTUR .....</b>	<b>31</b>
4.1	KONZEPTIONELLER AUFBAU .....	31
4.1.1	Benutzer und Berechtigungen .....	32
4.1.2	Desktoppools .....	34
4.1.3	Virtuelle Server .....	35
4.1.4	Zertifikate in einer VMware VDI-Umgebung .....	35
4.1.5	Austausch der Zertifikate .....	36
4.2	DIMENSIONIERUNG .....	36
4.2.1	Usertypen .....	36
4.2.2	Definition des virtuellen Desktops .....	38
4.2.3	Auswahl eines physischen Servers .....	40
4.2.3.1	Ermittlung der CPU-Anforderungen .....	40
4.2.3.2	Ermittlung der Arbeitsspeichieranforderungen .....	42
4.2.3.3	Anzahl der benötigten Virtualisierungsserver .....	44
4.2.4	Ermittlung der Storagekapazitätsanforderung .....	45
4.2.4.1	Full clone .....	45
4.2.4.2	Linked clone .....	47
4.2.4.3	Linked clone with persistent disk .....	52
4.2.4.4	Benötigte Storage Kapazität .....	53
<b>5</b>	<b>PROTOTYPISCHE INSTALLATION DER VIRTUAL DESKTOP INFRASTRUKTUR .....</b>	<b>55</b>
5.1	INSTALLATION DER ESXI VIRTUALISIERUNGSSERVER .....	56
5.2	BEREITSTELLEN DER VIRTUELLEN SERVER .....	56
5.3	VCENTER INSTALLATION .....	56
5.4	EINBINDEN DER STORAGERESSOURCEN .....	57
5.5	INSTALLATION DER VDI-SOFTWARE .....	57
5.6	KONFIGURIEREN VON HORIZON 6 .....	58
5.7	ERSTELLEN DER MASTER IMAGE VMS .....	61
5.8	ANLEGEN DER DESKTOPPOOLS .....	61
5.9	FUNKTIONALER TEST .....	62
<b>6</b>	<b>ÜBERPRÜFUNG DES BENÖTIGTEN RESSOURCENBEDARFS DES VIRTUAL DESKTOP INFRASTRUKTUR KONZEPTE IM BETRIEB .....</b>	<b>65</b>

---

6.1	PERFORMANCEDATEN UND PERFORMANCE COUNTER .....	65
6.2	AUSLASTUNG DER VMWARE ESXI VIRTUALISIERUNGSSERVER .....	66
6.3	ÜBERPRÜFUNG DES SPEICHERPLATZBEDARFS EINES DESKTOPPOOLS .....	69
<b>7</b>	<b>ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE .....</b>	<b>71</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>73</b>
	<b>ANLAGEN .....</b>	<b>77</b>
	<b>ANLAGEN, TEIL 1 .....</b>	<b>I</b>
	<b>ANLAGEN, TEIL 2 .....</b>	<b>II</b>
	<b>ANLAGEN, TEIL 3 .....</b>	<b>III</b>
	<b>SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG .....</b>	<b>V</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema Hypervisor Typ 1 .....	5
Abbildung 2: Schema Hypervisor Typ 2 .....	6
Abbildung 3: Desktopvirtualisierung Vgl. (Spruijt 2013) .....	7
Abbildung 4: Komponenten einer VDI .....	10
Abbildung 5: Phasenmodell bei Softwareauswahl Vgl. (Gronau 2001) .....	13
Abbildung 6: IDC MarketScape Worldwide Virtual Client Computing Software Vendor Assessment Quelle: (Young und Laing 2016, S. 1) .....	16
Abbildung 7: The Forrester Wave™: Server-Hosted Virtual Desktops (VDI), Q3 '15 Quelle: (Johnson 2015, S. 11) .....	16
Abbildung 8: Komponenten in einer typischen XenApp- oder XenDesktop-Bereitstellung Quelle: (Citrix 2016) .....	17
Abbildung 9: Komponenten einer Microsoft RDS-Umgebung Quelle: (Chou 2010) .....	20
Abbildung 10: VMware VDI-Architektur Quelle: (VMware 2015b) .....	22
Abbildung 11: Vorgehensweise nach der Entscheidung .....	29
Abbildung 12: Konzeptioneller Aufbau der VDI-Lösung .....	31
Abbildung 13: Bestandteile einer virtuellen Maschine in einer VMware-Umgebung .....	38
Abbildung 14: max. Anzahl virtueller Desktops pro Server mit 24 pCPUs, in Abhängigkeit von vCPUs und overcommit ratio .....	42
Abbildung 15: Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit vom Arbeitsspeicher .....	43
Abbildung 16: full clone .....	46
Abbildung 17: Bestandteile eines full clone .....	46
Abbildung 18: linked clone-Technik .....	49
Abbildung 19: Bestandteile eines linked clone .....	50
Abbildung 20: detaillierter Aufbau der VDI-Umgebung .....	55
Abbildung 21: Einstellungen beim Hinzufügen des vCenter Servers .....	59
Abbildung 22: Hinzufügen der Ereignisdatenbank .....	60
Abbildung 23: Konfigurationsmaske für einen RADIUS-Authentifikator .....	61
Abbildung 24: VMware Horizon Webportal für Benutzer .....	62
Abbildung 25: RADIUS-Authentifizierung .....	63
Abbildung 26: 2-Faktor OTP Eingabemaske .....	63
Abbildung 27: VMware Horizon Desktoppoolauswahl .....	63
Abbildung 28: Mittelwert des Performance Counter mem.consumed.average pro Tag für die vier Virtualisierungsserver .....	67

---

Abbildung 29 : Mittelwert des Performance Counter cpu.used.summation pro Tag und Virtualisierungsserver über eine Woche .....	68
Abbildung 30: Speicherplatzbedarf aller linked clones eines dezidierten Desktoppools mit 62 virtuellen Desktops .....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungskriterien .....	25
Tabelle 2: Paarvergleich der Kriterien .....	25
Tabelle 3: Bewertungsskala .....	26
Tabelle 4: gewichtete Tabelle .....	27
Tabelle 5: Usertypen mit unterschiedlichen Anforderungen an die virtuellen Desktops Quelle: (Schimscheimer 2013) .....	37
Tabelle 6: Eigenschaften der virtuellen Desktops.....	39
Tabelle 7: Anzahl der Kerne pro physischem Server.....	40
Tabelle 8: Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit von der CPU .....	41
Tabelle 9: Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit vom RAM .....	43
Tabelle 10: Anzahl benötigter Virtualisierungsserver pro Rechenzentrum.....	44
Tabelle 11: Anzahl benötigter Virtualisierungsserver für die Tirol Kliniken GmbH .....	45
Tabelle 12: Speicherbedarf eines full clone.....	47
Tabelle 13: Summe des Speicherbedarfs aller full clones .....	47
Tabelle 14: Angenommene Summe des Speicherbedarfs aller linked clones.....	48
Tabelle 15: Speicherbedarf eines linked clones .....	51
Tabelle 16: Speicherbedarf eines linked clone-Pools mit 5 VMs und vier LUNs .....	51
Tabelle 17: Gesamtspeicherbedarf aller linked clone-Pools .....	51
Tabelle 18: Speicherbedarf eines linked clone with persistent disk .....	52
Tabelle 19: Speicherbedarf eines linked clone with persistent disk-Pools mit 60 VMs und vier zugeordneten LUNs .....	53
Tabelle 20: Gesamtspeicherbedarf aller linked clones with persistent disk-Pools.....	53
Tabelle 21: Gesamtspeicherbedarf aller Pools.....	54
Tabelle 22: Speicherbedarf aller Pool inklusive Master Images.....	54



## Abkürzungsverzeichnis

ACL.....	Access Control List
AD.....	Active Directory
ADAM .....	Active Directory Application Mode
bzw. ....	beziehungsweise
CA.....	Certificate Authority
CAP .....	Connection Authorization Policy
CPU .....	Central Processing Unit
CSR.....	Certificate Signing Request
DMZ.....	demilitarisierte Zone
FQDN .....	Fully Qualified Domain Name
GB .....	Gigabyte
HTML5.....	.....fünfte Fassung der Hypertext Markup Language
HUS VM .....	Hitachi Unified Storage Virtual Machine
IDC .....	International Data Corporation
IIS .....	Internet Information Server
IOPS.....	Input/Output Operations Per Second
KIS.....	Klinisches Informationssystem
LDAP .....	Lightweight Directory Access Protocol
LUN .....	Logical Unit Number
OTP .....	One Time Passcode
PC.....	Personal Computer
PIN.....	Persönliche Identifikationsnummer
PKI.....	Public Key Infrastruktur
RADIUS.....	Remote Authentication Dial-In User Service
RAM.....	Arbeitsspeicher – Random Access Memory
RAP .....	Resource Authorization Policy
RD .....	Remote Desktop
RDCB .....	Remote Desktop Connection Broker
RDG.....	Remote Desktop Gateway
RDS.....	Remote Desktop Services
RDSH .....	Remote Desktop Session Host
RDVH .....	Remote Desktop Virtualization Host
RDWA .....	Remote Desktop Web Access

SAN.....	Storage Area Network
SBC.....	Server Based Computing
SMS.....	Short Message Service
SSL.....	Secure Sockets Layer
SSO.....	Single Sign-On
TB.....	Terabyte
TS.....	Terminal Services
u.a.....	unter anderem
UPN.....	User Principal Names
URL.....	Uniform Resource Locator
USB.....	Universal Serial Bus
vCPU.....	virtuelle CPU - virtual Central Processing Unit
VDA.....	Virtual Delivery Agent
VDI.....	Virtuelle Desktop Infrastruktur
Vgl.....	Vergleiche
VMM.....	Virtual Machine Monitor
VRAM.....	Grafikarbeitspeicher – Video Random Access Memory
WLAN.....	Wireless Local Area Network
z.B.:.....	zum Beispiel

## Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Zeitraum von 06.02.2017 bis 06.06.2017 im Zuge des Fernstudiums im Studiengang Technische Informatik an der Hochschule Mittweida verfasst.

Hiermit möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Allen voran gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Uwe Schneider für die Betreuung bei dieser Arbeit. Jede meiner Anfragen wurde kompetent und in kürzester Zeit beantwortet.

Zudem möchte ich mich speziell bei Ing. Mag. Arthur Meßner bedanken, der sich nicht gescheut hat, die Aufgabe des Betrieblichen Betreuers zu übernehmen und mich immer mit seinen Ratschlägen unterstützt hat. Nochmals Danke, Arthur.

Auch bei meinen Vorgesetzten Herrn Dipl. Ing. (FH) Romed Giner und Herrn Dr. Georg Lechleitner, möchte ich mich dafür bedanken, dass sie mir diese Diplomarbeit ermöglichen.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Arbeitskollegen für den Beistand während des ganzen Studiums bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie. Im Einzelnen meinen Eltern Elsbeth und Reinhard, meiner Frau Sonja und meinem Sohn Noel, die mir in diesem Lebensabschnitt moralischen Halt gaben und mich während der gesamten Studienzeit sehr unterstützten.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation, Motiv und Zielsetzung

In zwei Krankenhäusern der Tirol Kliniken GmbH wird ein Klinisches Informationssystem (KIS) eines Herstellers verwendet. Diese Software lässt sich jedoch nicht zufriedenstellend über WLAN, auf Laptops, die bei der Visite mitgeführt werden, betreiben.

Mit Hilfe einer KIS Software wird das klinische Personal in ihren Arbeitsabläufen (z.B.: Anfordern von Befunden, Erstellen von Pflegeplänen), beim Dokumentieren (z.B. von: Befunden, Diagnosen, Pflegemaßnahmen) und beim Abrufen der Patienteninformationen aus der elektronischen Patientenakte unterstützt. Vgl. (Tirol Kliniken GmbH ohne Jahr)

Die Probleme äußern sich folgendermaßen: Bei einer Unterbrechung der WLAN-Verbindung kommt es zu einem Fehler im Programm. Das gesamte Programm muss beendet und neugestartet werden. Alle zuvor eingegebenen Daten sind verloren. Da es während der Visite immer wieder zu Abstürzen des Programms kommt, können die Benutzer nicht zufriedenstellend bzw. verlässlich auf diese essentielle Software zugreifen. Kurzfristig gibt es keine Lösung um das Verhalten der Software zu ändern. Zudem wird diese Software in einem der beiden Krankenhäuser auf einer veralteten Infrastruktur betrieben, für die es keinen Support vom Hersteller mehr gibt.

Durch die Einführung einer Virtual Desktop Infrastruktur kann das Problem des Datenverlustes umgangen werden. Die KIS Software wird dann zentralisiert auf einem virtuellen Desktop im Rechenzentrum ausgeführt. Auch bei einer Unterbrechung der WLAN-Verbindung läuft das Programm weiter. Der Nutzer muss zwar erneut die Verbindung zum virtuellen Desktop aufbauen, jedoch kann er an derselben Stelle, an der die Unterbrechung stattgefunden hat, wieder mit der Eingabe fortfahren. Damit kann eine mehrmalige Dateneingabe für die Mitarbeiter vermieden werden und somit die Benutzerfreundlichkeit der Software und die Datenqualität für die Pflege gesteigert werden. Außerdem ist durch den Einsatz der angedachten VDI-Lösung die veraltete Infrastruktur in einem der beiden Krankenhäuser obsolet und kann außer Betrieb genommen werden.

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist die Auswahl, Konzeptionierung und Dimensionierung einer Virtual Desktop Infrastruktur für einen Gesundheitsbetrieb, welcher mehrere Krankenhäuser betreibt. Nach der erfolgten Implementation werden die im Konzept ermittelten Werte im anschließenden Betrieb der VDI-Lösung auszugsweise überprüft.

## 1.2 Kapitelübersicht

In **Kapitel 1** werden die Punkte Ausgangssituation, Motivation und die Zielsetzung dieser Diplomarbeit behandelt.

Die Grundlagen der Virtualisierung, im Speziellen der Server und der Desktopvirtualisierung, werden im **Kapitel 2** erläutert. Zudem werden auch die Komponenten einer virtuellen Desktop Infrastruktur beschrieben.

**Kapitel 3** handelt vom Prozess der Auswahl und Evaluierung eines geeigneten VDI Produktes für die gestellten Anforderungen der Tirol Kliniken GmbH.

Anschließend wird in **Kapitel 4** das ausgewählte Produkt für das Beispiel der Tirol Kliniken GmbH konzeptioniert und dimensioniert.

Das **Kapitel 5** handelt von der prototypischen Installation an hand des Beispiels der Tirol Kliniken GmbH

In **Kapitel 6** wird der Bedarf an Ressourcen im laufenden Betrieb auszugsweise überprüft.

Schließlich werden in **Kapitel 7** die Resultate zusammengefasst und ein Ausblick für zukünftige Schritte getätigt.

## 2 Grundlagen der Virtualisierung und Komponenten einer Virtual Desktop Infrastruktur

In diesem Kapitel gibt der Autor einen Überblick über die Virtualisierung. Im Besonderen wird die Server- und Desktopvirtualisierung betrachtet. Zudem werden auch die Komponenten einer VDI erläutert.

### 2.1 Virtualisierung Allgemein

Virtualisierung ist in der IT Branche heutzutage ein gängiger und häufig vorkommender Begriff. Sie wird in den unterschiedlichsten Bereichen verwendet. Eine allgemeine Definition könnte wie folgend lauten:

„Virtualisierung bezeichnet Methoden, die es erlauben, Ressourcen (wie Server, Applikationen, Desktops, Storage, etc.) mit Hilfe von Software zu abstrahieren und damit die Möglichkeit zum zentralen Zusammenzufassen oder Aufteilen zu erhalten“. (Vogel et al. 2010, S. 7)

Zudem wird auch der Begriff „virtuelle Maschine“ häufig im Zusammenhang mit Virtualisierung genannt.

Eine virtuelle Maschine (VM) verhält sich genauso wie eine reale Maschine, die aus Hardware mit einem Prozessor und allen erforderlichen Ressourcen ausgestattet ist. Vgl. (Mandl 2014, S. 298)

Im Gegensatz zur realen Maschine besteht die VM allerdings nur aus Software. Es werden dazu die physischen Komponenten wie der Prozessor, der Arbeitsspeicher, die Netzwerkkarte ,usw. emuliert. Für ein Betriebssystem welches innerhalb der VM installiert ist, ist jedoch kein Unterschied zu einer realen Maschine erkennbar.

In dieser Arbeit setzt sich der Autor mit der Servervirtualisierung und hauptsächlich mit der darauf aufbauenden Desktopvirtualisierung auseinander.

## 2.2 Servervirtualisierung

Als Basis für virtuelle IT-Systeme wird die Servervirtualisierung verwendet. Dies ist eine vom Virtualisierungsserver abstrahierte, vollständig virtuelle Hardwareumgebung, in welcher ein Betriebssystem mit den installierten Anwendungen betrieben werden kann. Dabei ist in der Regel das installierte Betriebssystem des virtuellen IT-Systems unabhängig vom Betriebssystem, in dem die Virtualisierungssoftware betrieben wird. Die Zuteilung der Ressourcen wie Prozessor, Arbeitsspeicher, Datenspeicher, Netz wird durch die Virtualisierungssoftware gesteuert. Für jedes virtuelle IT-System werden dazu eigene virtuelle Geräte erzeugt, die den Zugriff auf die Ressourcen ermöglichen. Diese virtuellen Geräte werden von der Virtualisierungssoftware entweder selbst emuliert oder es werden durch sie die physischen Geräte zum virtuellen IT-System durchgereicht. Die Virtualisierungssoftware sorgt in jedem Fall dafür, dass die zugrundeliegenden Ressourcen der physischen Geräte in geordneter Weise durch die virtuellen IT-Systeme genutzt werden und diese sich gegenseitig nicht allzu viel beeinflussen. Vgl.(Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2011)

Die Steuerung der Zugriffe auf die Hardwareressourcen durch die virtuellen IT-Systeme mittels der Virtualisierungssoftware bedeutet für die Servervirtualisierung einen erhöhten Verwaltungsaufwand gegenüber einem physischen Server mit direkt installiertem Betriebssystem. Dies resultiert in einem Geschwindigkeitsnachteil beim virtuellen System.

Durch Technologien wie Intel-VT oder AMD-V werden jedoch große Teile der Virtualisierungsaufgaben von den Prozessoren übernommen und dadurch die entstandenen Geschwindigkeitseinbußen vermindert. Der Geschwindigkeitsnachteil der Virtualisierung wird durch die gewonnene Flexibilität bei Wartung und Betrieb von Computersystemen ausgeglichen. Bei Wartungsarbeiten an der darunterliegenden Hardware können virtuelle Maschinen ohne Unterbrechung im laufenden Betrieb auf eine andere Hardware verschoben werden. Ein weiterer, vielleicht der wichtigste Vorteil, ist die verbesserte Auslastung der Serverhardware. Mit Hilfe der Virtualisierung können mehrere Server auf einer Hardware betrieben werden. Damit wird gegenüber physischer Hardware Platz, Strom, Kühlaufwand und Wartungsaufwand im Rechenzentrum gespart. Vgl. (Vogel et al. 2010, S. 9–10)

Es wird bei der Servervirtualisierung zwischen den folgenden Typen unterschieden:

- Typ 1 – Hypervisor-basierend
- Typ 2 – Host-basierend

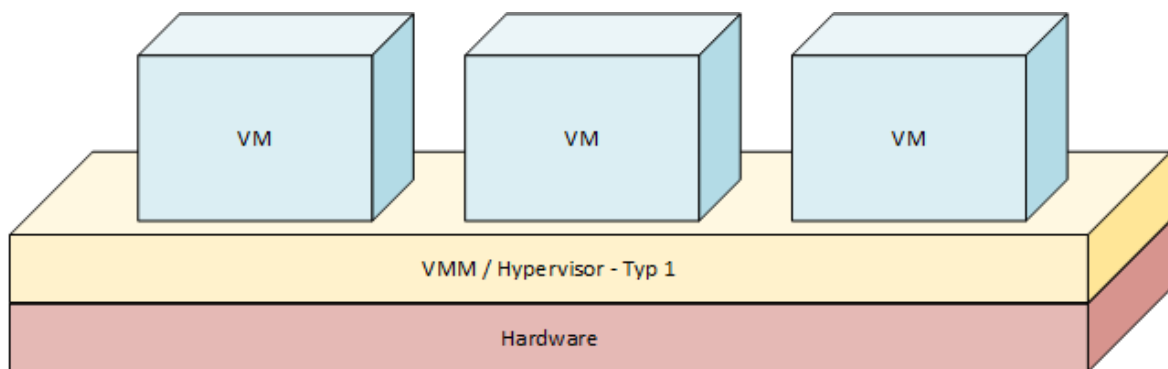


Die Einteilung des Typs der Servervirtualisierung ist davon abhängig, an welcher Stelle der Hypervisor implementiert wird. In der Literatur wird der Hypervisor auch als Virtual Machine Monitor (VMM) bezeichnet.

### 2.2.1 Typ 1 – Hypervisor -basierend

Bei der Hypervisor-basierenden Virtualisierung (Typ 1) wird direkt auf der physischen Hardware ein spezialisiertes, auf Virtualisierung ausgelegtes Betriebssystem installiert, welches auch als Hypervisor bezeichnet wird. Dieses kümmert sich im Wesentlichen nur um die Aufteilung der Hardware in kleine logische Stücke. Aus Sicht des Betriebssystems des virtuellen Systems sieht jede virtuelle Maschine (VM) wie ein vollständiger Computer aus, wobei jede VM nur ihren eigenen Bereich sieht. Zugriffe auf die darunterliegende Hardware, die systemweite Auswirkungen haben, können vom Hypervisor abgefangen werden. Vgl. (Vogel et al. 2010, S. 9)

In folgender Abbildung wird das Schema eines Typ1 Hypervisor dargestellt („siehe: Abbildung 1“)



**Abbildung 1: Schema Hypervisor Typ 1**

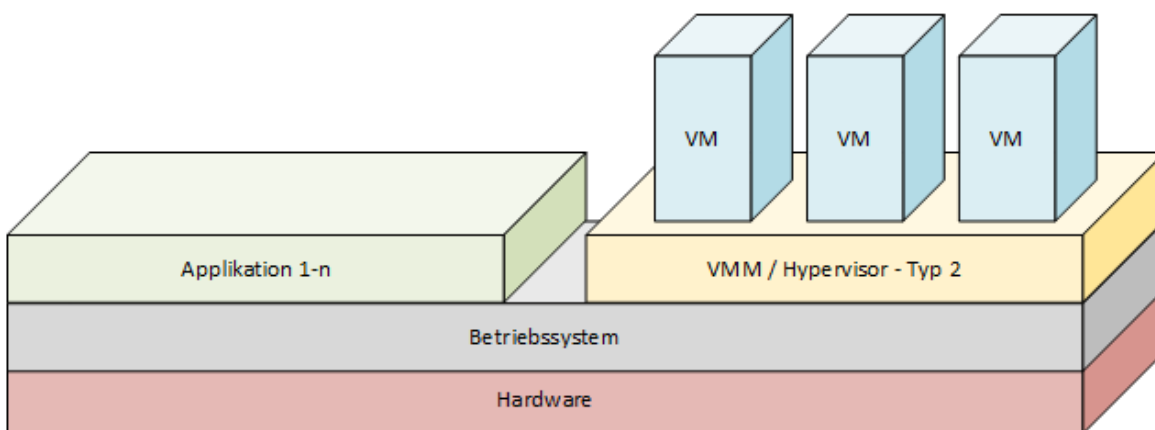
Die bekanntesten Produkte am Markt, welche dem Typ 1 (dieser Typ wird oft auch native- oder bare-metal-Hypervisor bezeichnet) zugehören, sind folgende:

- Hyper-V (Microsoft)
- vSphere Hypervisor (VMware)
- XenServer (Citrix)

### 2.2.2 Typ 2 – Host-basierend

Typ 2 besteht ebenfalls aus einem Hypervisor, dieser wird aber innerhalb eines Betriebssystems, wie Linux, Mac OS, Microsoft Windows, als Applikation betrieben. Auch hier wird die physische Hardware partitioniert und den virtuellen Systemen zur Verfügung gestellt. Jedoch kann die Hardware nicht direkt von den virtuellen Systemen angesprochen werden. Sie muss stattdessen aufwendig emuliert werden. Dieser Mehraufwand ist höher als beim Typ 1 Hypervisor („siehe: Abschnitt 2.3.1“), daher wird der Host-basierende Hypervisor eher in Testumgebungen als in Produktivumgebungen eingesetzt. Vgl. (Vogel et al. 2010, S. 10–11)

In nachfolgender Grafik wird das Schema eines Typ 2 Hypervisor dargestellt: („siehe: Abbildung 2“)



**Abbildung 2: Schema Hypervisor Typ 2**

Im Folgenden wird eine Auswahl von Produkten die dem Typ 2 zugeordnet werden können, gelistet:

- Parallels Desktop (Parallels IP Holdings GmbH)
- VirtualBox (Oracle)
- VMware Workstation/Player (VMware)

## 2.3 Desktopvirtualisierung

Wie bei der Servervirtualisierung („siehe: Abschnitt 2.2“), wird auch bei der Desktopvirtualisierung versucht, eine logische Trennung zwischen Hard- und Software zu erreichen. Beim Konzept der Desktopvirtualisierung wird versucht, einen Client Arbeitsplatz/Desktop PC virtuell in Software abzubilden. Dieses Verfahren kann sowohl lokal am Client oder aber auch zentralisiert in einem Rechenzentrum eingesetzt werden.

In der folgenden Zeichnung werden die unterschiedlichen Konzepte der Desktop Virtualisierung dargestellt: („siehe: Abbildung 3“)

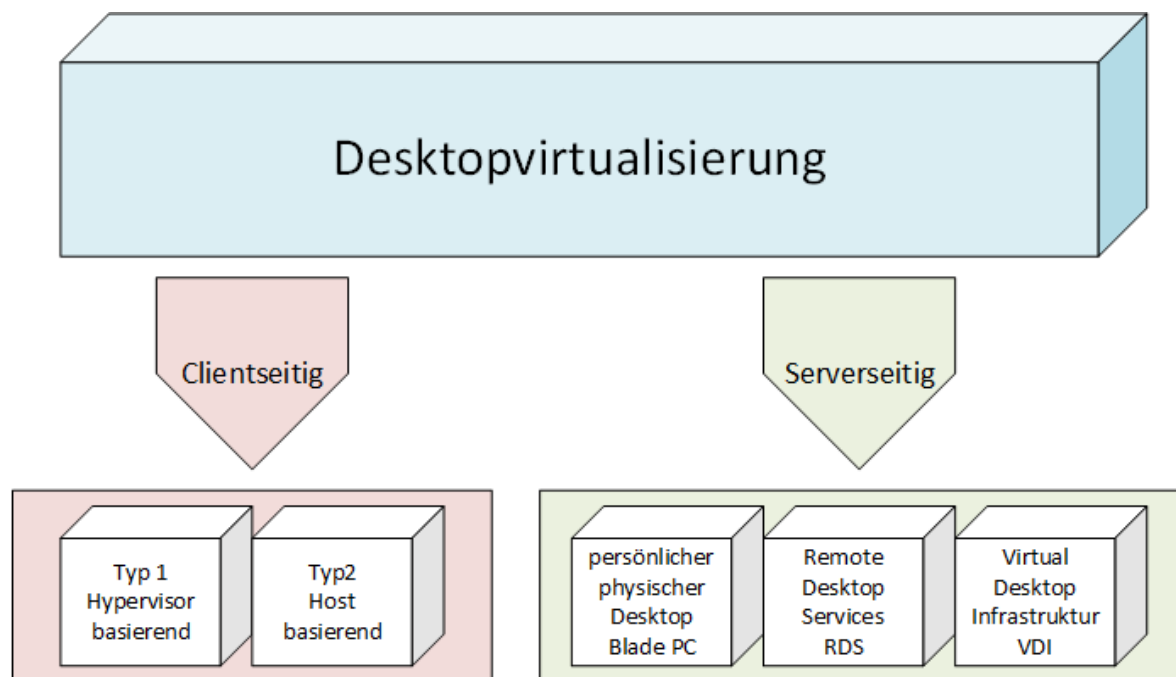


Abbildung 3: Desktopvirtualisierung Vgl. (Spruijt 2013)

### 2.3.1 Clientseitige Desktopvirtualisierung

Bei der clientseitigen Desktopvirtualisierung werden die virtuellen IT-Systeme lokal am Client des Anwenders betrieben und ausgeführt. Den eigentlichen Unterschied zur Servervirtualisierung („siehe: Abschnitt 2.2“) stellt die hier verwendete Clienthardware und das Clientbetriebssystem dar. Ebenfalls wird hier zwischen den zwei Typen der Virtualisierungsarten unterschieden:

- Typ 1 – Hypervisor-basierend („siehe: Abschnitt 2.2.1“)
- Typ 2 – Host-basierend („siehe: Abschnitt 2.2.2“)

Eingesetzt wird die clientseitige Art der Virtualisierung häufig zum Testen und Entwickeln von Software. Hier wird der Vorteil der Trennung des virtuellen IT-Systems mittels dem Hypervisor vom lokalen Client-Arbeitsplatz ausgenützt. So beeinflusst zum Beispiel ein auftretender Fehler, welche die zu testende Software hervorruft, nicht den darunterliegenden Host.

## **2.3.2 Serverseitige Desktopvirtualisierung**

Die serverseitige Desktopvirtualisierung hat das Ziel, dass die virtuellen IT-Systeme zentralisiert in einem Rechenzentrum auf Serverhardware betrieben werden. Dies kann auf die folgenden drei unterschiedlichen Arten erreicht werden:

- Persönlicher physischer Desktop - Blade PC
- Remote Desktop Services - RDS
- Virtuelle Desktop Infrastruktur – VDI

### **2.3.2.1 *Persönlicher physischer Desktop - Blade PC***

Der persönliche physische Desktop stellt die leistungstärkste Art der serverseitigen Desktopvirtualisierung dar, denn bei dieser Variante steht jedem einzelnen Endanwender ein komplett eigener physischer PC im Rechenzentrum zur Verfügung. Um genügend viele einzelne Rechner im Rechenzentrum unterzubringen, wird meist die als „Blade“ bezeichnete Bauform, welche auch bei Servern gängig ist, verwendet.

Hierbei werden mehrere Module, die Blade-PCs, in ein Gehäuse/Chassis gesteckt, das in einem Serverschrank/Rack eingebaut und verkabelt ist. Vgl. (THE COMPUTER LANGUAGE COMPANY INC. ohne Jahr)

Davon leitet sich auch der Name „Blade-PC“ für einen persönlichen physischen Desktop im Rechenzentrum ab. Verwendet wird diese Art der Desktopvirtualisierung oft bei Endanwendern, die eine hohe Performance benötigen bzw. hohe graphische Anforderungen stellen, wie Entwickler und Konstrukteure mit 3D- und CAD-Programmen.

### **2.3.2.2 Remote Desktop Services – RDS**

Die Remote Desktop Service Technologie stammt von der Firma Microsoft und ist in den meisten Editionen der Windows Serverbetriebssysteme integriert. Das Lizenzschema "Remote Desktop for Administration" von Windows Server erlaubt zwei zeitgleiche Verbindungen von Remote Benutzern auf den Server. Werden jedoch mehr gleichzeitige Verbindungen benötigt, so müssen diese Lizenzen zusätzlich erworben werden. Vgl. (Wikipedia 2017c)

Der zweite große Anbieter von Remote Desktop Services ist die Firma Citrix mit dem Produkt XenApp, das ebenfalls auf der Technologie von Microsoft basiert, diese jedoch erweitert. Die Remote Desktop Services (RDS), welche auch als Terminal Services (TS) bekannt sind, arbeiten nach dem Konzept des Server Based Computing (SBC), dabei werden eine oder mehrere Anwendungen bzw. ein kompletter Desktop auf einem zentral im Rechenzentrum verorteten Server ausgeführt und nur die Informationen des Bildschirm-inhaltes mit Hilfe eines Protokolls auf einen lokalen Client des Anwenders übertragen und dort dargestellt. Vom Client werden lediglich die Tastatur- und Mauseingaben zum Server übermittelt. Die verfügbare Rechenkapazität des Servers wird von allen Anwendern geteilt. Zudem wird für jeden Anwender eine eigene Sitzung/Session auf der Terminalserverkomponente des Servers erzeugt, wobei sich alle Benutzer das Betriebssystem teilen und nicht voneinander isoliert sind.

### **2.3.2.3 Virtuelle Desktop Infrastruktur – VDI**

Bei einer Virtuellen Desktop Infrastruktur werden auf einem Server für jeden Anwender individuell konfigurierte Instanzen des Betriebssystems bereitgestellt. Jeder Anwender arbeitet in seiner eigenen virtuellen Maschine, die im Prinzip den lokalen Client abbildet. Dies ist konträr zu den Remote Desktop Services, bei dem sich die Anwender ein gemeinsames Betriebssystem teilen. Hierbei ergeben sich Vorteile bei der Individualisierung gegenüber dem RDS Konzept, aber mit dem Nachteil des erhöhten Ressourcenbedarfs. Vgl. (BITKOM 2012)

## **2.4 Komponenten einer Virtual Desktop Infrastruktur**

In ihrer Basis besteht eine VDI aus vier verschiedenen Komponenten: („siehe: Abbildung 4“)

- Client
- Broker

- Virtualisierungsserver
- Virtueller Desktop (VM) Vgl.(Haletky 2008)

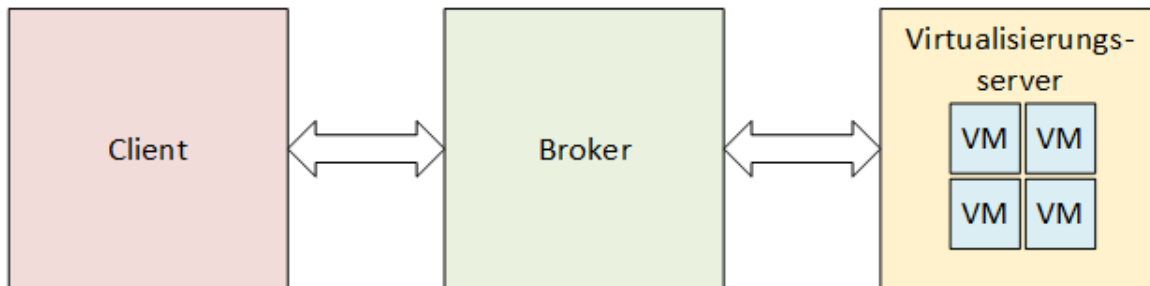


Abbildung 4: Komponenten einer VDI

### 2.4.1 Client

Die Aufgabe des Clients ist die Darstellung des virtuellen Desktops, der am Virtualisierungsserver betrieben wird. Diese Verbindung wird über einen sogenannten Broker („siehe: Abschnitt 2.4.2“) mittels eines proprietären Protokolls, das je nach Hersteller unterschiedlich ist, ermöglicht. Die Clientkomponente kann in einer VDI-Umgebung entweder aus Software, welche am Endgerät des Anwenders installiert ist, oder auch aus Hardware (Thin- oder Zeroclients), die das eingesetzte Protokoll unterstützt, bestehen.

### 2.4.2 Broker

Der Broker, übersetzt Vermittler bzw. auch als Connection Broker oder Connection Server bezeichnet, stellt die vermittelnde Komponente zwischen den Clients und den virtuellen Desktops dar („siehe: Abbildung 4“).

In seiner Rolle erfüllt der Broker mehrere Aufgaben. Eine der Hauptaufgaben ist die Überprüfung der Benutzerberechtigungen und die anschließende Vermittlung der Benutzer zu den virtuellen Desktops. Dabei ist es durch den Broker sogar möglich, virtuelle Desktops bedarfsgesteuert ein- und auszuschalten. Neben diesen Aufgaben kann der Broker beim Vorhandensein mehrerer Virtualisierungsserver einen Lastausgleich, ein sogenanntes "Load Balancing", mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen für die virtuellen Desktops durchführen. Auch das Verwalten von Desktop Images und das Umleiten von Multimediainhalten zur Verarbeitung am Client können zu den Aufgaben eines Brokers zählen. Vgl. (Rouse 2011)

### 2.4.3 Virtualisierungsserver

Der Virtualisierungsserver ist ein weiterer und wesentlicher Baustein im Konzept einer VDI-Umgebung und arbeitet nach dem Konzept der Servervirtualisierung („siehe: Abschnitt 2.2“). Um genügend Ressourcen für eine große Anzahl von virtuellen Desktops bereitstellen zu können, aber auch um Serverausfälle zu kompensieren oder um bestimmte Managementaufgaben wie Server Updates unterbrechungsfrei durchführen zu können, werden meist mehrere Server in einem Verbund, auch Cluster genannt, zusammengeschaltet. Auf diesen werden dann die VMs, die die virtuellen Desktops für die Endanwender darstellen, ausgeführt.

### 2.4.4 Virtueller Desktop

Die virtuelle Maschine ist der Teil der Komponenten, mit dem die Nutzer einer VDI-Umgebung arbeiten. Daher wird diese VM im Kontext einer VDI-Umgebung auch virtueller Desktop genannt. Dieser soll sich für den Nutzer vom Aussehen her und von seiner gebotenen Funktionalität nicht von einem lokal installierten Betriebssystem unterscheiden.

In einer VDI-Umgebung können virtuelle Desktops den Nutzern auf zwei unterschiedliche Arten zugewiesen werden:

- persistent: Eins zu eins Verhältnis. Jeder Nutzer erhält seinen eigenen virtuellen Desktop. Die Benutzereinstellungen werden gespeichert und bleiben auch nach der nächsten Anmeldung am virtuellen Desktop erhalten.
- nonpersistent: Viele zu eins Verhältnisse. Die virtuellen Desktops werden unter den Nutzern geteilt. Es werden keine Einstellungen oder Daten nach dem Abmelden vom virtuellen Desktop gespeichert. Die VM wird nach dem Abmelden des Benutzers auf ihren Originalzustand zurückgesetzt. Der Nutzer erhält bei seiner erneuten Anmeldung wieder einen "frischen" Desktop. Vgl. (Provazza 2013)

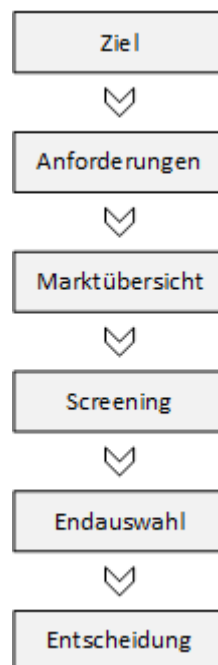
In der Literatur sind dafür auch weitere Bezeichnungen wie Stateless/pooled/dynamisch für den nonpersistent oder Stateful/dedicated/dezidiert für den persistent zugewiesenen Desktop zu finden.





### 3 Auswahl einer Virtual Desktop Infrastruktur eines Anbieters

In diesem Kapitel wird der Autor ein geeignetes Produkt für die Tirol Kliniken GmbH aus den unterschiedlichen am Markt angebotenen VDI-Umgebungen auswählen. Der Prozess der Auswahl einer VDI-Umgebung wird dabei in mehrere Phasen gegliedert. („siehe: Abbildung 5“)



**Abbildung 5: Phasenmodell bei Softwareauswahl Vgl. (Gronau 2001)**

Am Ende, in der letzten Phase, soll eine Entscheidung zur geeignetsten VDI-Lösung für die Tirol Kliniken GmbH getroffen werden.

#### 3.1 Ziel

Das Ziel ist es vom IST Zustand, es ist noch keine VDI-Umgebung in der Tirol Kliniken GmbH vorhanden, zum SOLL Zustand, einer für die Tirol Kliniken GmbH geeigneten VDI-Umgebung, zu gelangen.

Grund dafür ist ein Problem mit einer KIS Software, die in zwei Krankenhäusern der Tirol Kliniken GmbH benötigt wird. Mitarbeiter, die in der Pflege tätig sind, greifen dabei über mobile Geräte auf das KIS während der Visite zu. Die eingesetzte KIS Software ist sehr netzwerklastig und quitiert WLAN-Aussetzer mit Softwareabstürzen. Zudem wird die Software in einem der beiden Krankenhäuser anwendungsvirtualisiert zur Verfügung gestellt. Die Infrastruktur, die zur Anwendungsvirtualisierung eingesetzt wird, basiert allerdings noch auf Windows Server 2003.

Am 14. Juli 2015 wurde der Support für Windows Server 2003 bereits eingestellt. Ab diesem Datum werden keine Updates, Hotfixe oder Security-Patches mehr bereitgestellt. Vgl.(Microsoft 2015)

Die bislang eingesetzte Infrastruktur ist somit stark veraltet und muss deswegen abgelöst werden. Anstatt sich erneut für eine Anwendungsvirtualisierung zu entscheiden, entschloss sich die Tirol Kliniken GmbH dazu, eine neue VDI-Umgebung aufzubauen.

## **3.2 Anforderungen**

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen, die die Tirol Kliniken GmbH an eine VDI-Umgebung stellt, aufgelistet.

- Die VDI-Umgebung muss innerhalb der Tirol Kliniken GmbH betrieben werden, darf also nicht als Service gemietet werden.
- Externe Zugriffe von außerhalb des Firmennetzwerks müssen mit der bestehenden 2-Faktor-Authentifizierung durchgeführt werden.
- Die VDI-Infrastruktur muss kompatibel zur existierenden Servervirtualisierungsinfrastruktur der Firma VMware sein.
- Es soll die vorhandene SAN-Infrastruktur mit der eingesetzten Storage Virtualisierung genutzt werden.
- Es sollen die bereits vorhandenen Desktop Images, basierend auf einer Client Deployment Infrastruktur von Microsoft, zum Herstellen der virtuellen Desktops verwendet werden.
- Die VDI-Umgebung soll für 140 virtuelle Desktops ausgelegt sein, jedoch skalierbar für eine höhere Anzahl.
- Das Betriebssystem der virtuellen Desktops soll Windows sein.
- Als Clientgeräte sollen Laptops und PCs mit Windows oder Thin Clients eingesetzt werden können.
- Der Zugriff auf die virtuellen Desktops soll auch über einen Webbrowser möglich sein, nach Möglichkeit mit HTML5.

### 3.3 Marktübersicht

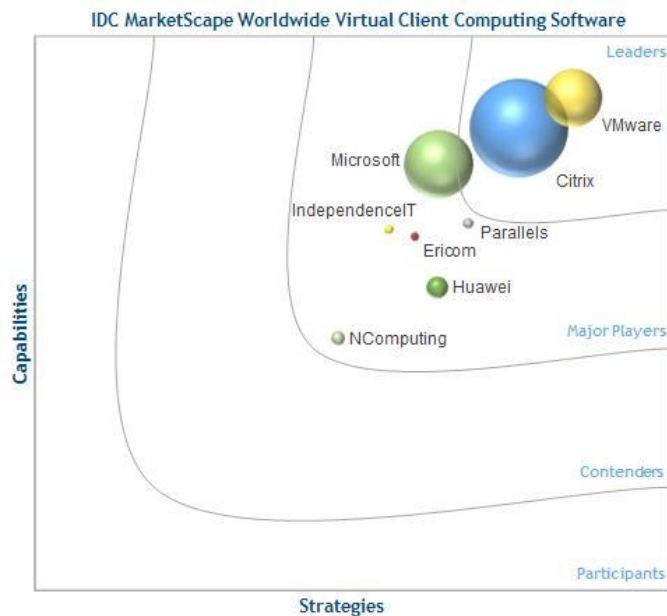
Nach Recherche im Internet und dem Lesen von Berichten der Marktforschungsinstitute Forrester und International Data Corporation (IDC), die VDI-Produkte unterschiedlicher Hersteller analysiert und begutachtet haben, wurden folgende Anbieter von VDI-Lösungen ermittelt.

- **Dell:** <http://euro.dell.com/at/de/corp/Desktops/dell-appliance-for-wyse-vworkspace/pd.aspx?refid=dell-appliance-for-wyse-vworkspace&s=corp>
- **Citrix:** <https://www.citrix.de/products/xenapp-xendesktop/>
- **Ericom:** <http://www.ericom.com/solutions/virtual-desktop-access/>
- **Huawei:** <http://e.huawei.com/en/solutions/technical/Cloud-Computing/desktop-cloud>
- **Independence IT:** <https://www.independenceit.com/cloud-workspace-suite/#cloud-workspace>
- **LISTEQ:** <https://www.listeq.com/technology/boxedvdi/>
- **Microsoft:** <https://www.microsoft.com/de-de/cloud-platform/desktop-virtualization>
- **NComputing:** <https://www.ncomputing.com/en/products/vspace-platform>
- **ORACLE:** <https://www.oracle.com/virtualization/secure-global-desktop/index.html>
- **Parallels:** <http://www.parallels.com/eu/products/ras/features/remote-desktop-services-vdi/>
- **VMware:** <https://www.vmware.com/at/products/horizon.html>

### 3.4 Screening

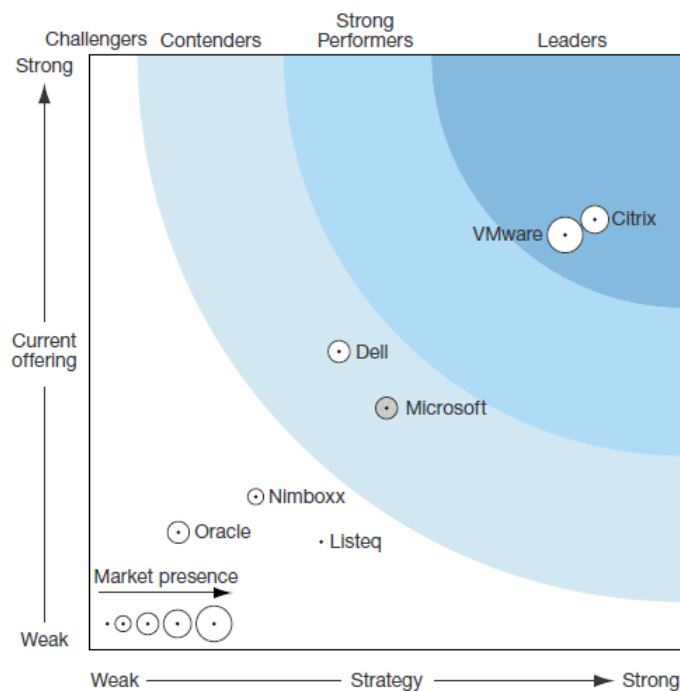
Um nicht alle Anbieter genauer betrachten zu müssen, wird hier die Auswahl aus den vorher recherchierten VDI-Lösungen („siehe: Abschnitt 3.3“) auf drei Anbieter beschränkt.

In der folgenden Grafik („siehe: Abbildung 6“) werden unterschiedliche Softwarehersteller von Virtual Client Computing Software, zu denen auch eine VDI-Umgebung zählt, nach einer Analyse des Marktforschungsinstitutes IDC im Jahr 2016 eingeteilt nach deren Möglichkeiten und Strategien am Markt dargestellt. Dabei werden die Hersteller Citrix, Microsoft und VMware als führend im Bereich der Desktopvirtualisierung bezeichnet.



**Abbildung 6: IDC MarketScape Worldwide Virtual Client Computing Software Vendor Assessment Quelle: (Young und Laing 2016, S. 1)**

In einem Bericht aus dem Jahr 2015, in dem VDI-Lösungen begutachtet wurden, kommt das Marktforschungsinstitut Forrester zu folgender Einschätzung des VDI Marktes. („siehe: Abbildung 7“)



**Abbildung 7: The Forrester Wave™: Server-Hosted Virtual Desktops (VDI), Q3 '15 Quelle: (Johnson 2015, S. 11)**

In beiden Einschätzungen der zwei Marktforschungsinstitute finden sich die drei Hersteller Citrix, Microsoft und VMware im Spitzenfeld wieder, daher konzentriert sich die Auswahl einer VDI-Lösung für die Tirol Kliniken GmbH ab jetzt die auf die Hersteller Citrix, Microsoft und VMware.

Im Anschluss werden die Hersteller kurz beschrieben und jeweils dazu die einzelnen Komponenten der VDI-Lösung erläutert.

### 3.4.1 Citrix

Die Citrix Systems, Inc. ist ein amerikanisches Softwareunternehmen, das 1989 von Ed Iacobucci gegründet wurde. Der Hauptsitz des Unternehmens befindet sich in Fort Lauderdale im Bundesstaat Florida. Das Unternehmen ist in 35 Ländern aktiv. Citrix wurde durch ihre Applikations- und Terminalserver-Anwendungen bekannt - sogar so bekannt, dass oftmals „Citrix“ als Synonym für solche Anwendungen verwendet wird. In den letzten Jahren wurde das Produktportfolio durch diverse Software Produkte erweitert; darunter befindet sich auch eine Virtual Desktop Infrastruktur (XenDesktop). Vgl. (Wikipedia 2017a)

In der folgenden Abbildung sind die Komponenten einer typischen Citrix VDI-Umgebung, welche auch als „Site“ bezeichnet wird, dargestellt („siehe: Abbildung 8):

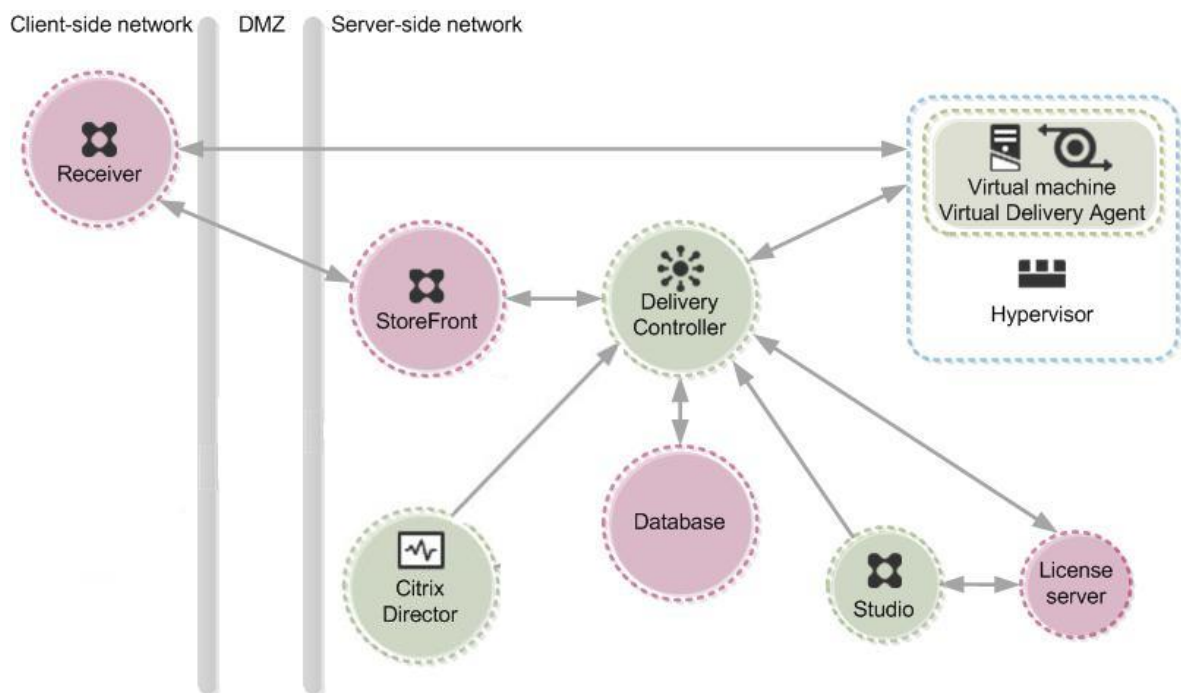


Abbildung 8: Komponenten in einer typischen XenApp- oder XenDesktop-Bereitstellung  
Quelle: (Citrix 2016)

Im Anschluss werden die einzelnen Komponenten näher erläutert, wobei in manchen Citrix Sites noch zusätzliche Komponenten wie Provisioning Services, NetScaler Gateway und Citrix CloudBridge vorhanden sein können. Diese sind aber nicht in obiger Übersicht (siehe: Abbildung 8) dargestellt und werden daher auch nicht näher erklärt.

- **Receiver:** Der Citrix Receiver ist eine Software, die den Zugriff auf Dokumente, Anwendungen und Desktops von unterschiedlichen Geräten (u.a. Smartphones, Tablets und PCs) aus ermöglicht. Dieses Programm wird auf dem Client des Benutzers und auf jedem virtuellen Desktop oder anderem Endgerät installiert. Ist die Installation am Client nicht möglich, so kann ein HTML5-kompatibler Webbrowser verwendet werden.
- **StoreFront:** StoreFront authentifiziert Benutzer und regelt den Zugriff auf die Anwendungen und die virtuellen Desktops. Zudem sorgt diese Komponente für eine konsistente Benutzererfahrung über mehrere Geräte hinweg.
- **Delivery Controller:** Der Delivery Controller ist die zentrale Verwaltungskomponente in einer Citrix XenDesktop-Umgebung. Es wird mindestens einer benötigt, jedoch können auch mehrere installiert werden um die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Site zu gewährleisten. Seine Dienste kommunizieren mit dem Hypervisor und speichern die Daten in der Sitedatenbank. Der Controller verteilt Anwendungen und Desktops, verwaltet und authentifiziert den Benutzerzugriff, vermittelt Verbindungen zwischen Benutzern und ihren virtuellen Desktops und Anwendungen, optimiert Benutzerverbindungen und ermöglicht einen Lastausgleich für die Verbindungen. Zudem verwaltet er den Zustand der Desktops, indem er sie bei Bedarf startet oder anhält. Je nach Edition ermöglicht der Controller eine Profilverwaltung zur Verwaltung personalisierter Einstellungen.
- **Citrix Director:** Der Citrix Director ist ein webbasiertes Tool zur Überwachung von einer oder auch mehreren Sites. Er bietet die Möglichkeit zur Anzeige von Echtzeitsitzungsdaten, aber auch von historischen Daten. Zudem können mit Hilfe der Microsoft Remoteunterstützung Benutzersitzungen angezeigt und gesteuert werden.
- **Studio:** Das ist die Verwaltungskonsole zur Verwaltung und Bereitstellung von Anwendungen und Desktops. Neben dem Einrichten der Umgebung können mit dem Studio auch Citrix-Lizenzen verfolgt und zugewiesen werden. Die angezeigten Informationen im Studio werden vom Brokerdienst am Controller geliefert.
- **Virtual Delivery Agent (VDA):** Ist auf jeder physischen oder virtuellen Maschine der Site installiert. Dieser ermöglicht, dass sich die Maschinen beim Controller registrieren. VDAs stellen die Verbindung zwischen der Maschine im Rechenzentrum und dem Gerät des Benutzers her und verwalten diese. Zudem prüfen sie, ob

eine Lizenz für den Benutzer oder die Sitzung vorhanden ist. Eine weitere Aufgabe ist die Anwendung von konfigurierten Richtlinien auf die Sitzung. Sitzungsinformationen werden vom VDA mittels seines Broker Agenten zum Brokerdienst am Controller übertragen. An Windows Serverbetriebssysteme können sich mit Hilfe von VDAs mehrere Benutzer gleichzeitig verbinden. Zu einem Windows Desktop kann sich hingegen nur ein Benutzer verbinden.

- **Datenbank:** Es ist mindestens eine Microsoft SQL Serverdatenbank pro Citrix Site notwendig. In dieser werden Konfigurations- und Sitzungsinformationen gespeichert. Die Datenbank steht in dauerhafter Verbindung zum Controller.
- **Lizenzserver:** Es muss mindestens ein Lizenzserver vorhanden sein um die Produktlizenzen zu verwalten. Zur Verwaltung der Benutzersitzungen stellt er eine Verbindung zum Controller her und für die Zuteilung der Lizenzdateien kommuniziert der Lizenzserver mit dem Studio.
- **Hypervisor:** Der Hypervisor betreibt die virtuellen Maschinen der Site. Diese können die Desktops oder die Anwendungen für die Benutzer beinhalten. Es können aber auch die Komponenten der Citrix-Umgebung darauf betrieben werden. Als Hypervisor wird der eigene Citrix XenServer, Microsoft Hyper-V oder auch VMware vSphere unterstützt. Vgl. (Citrix 2016)

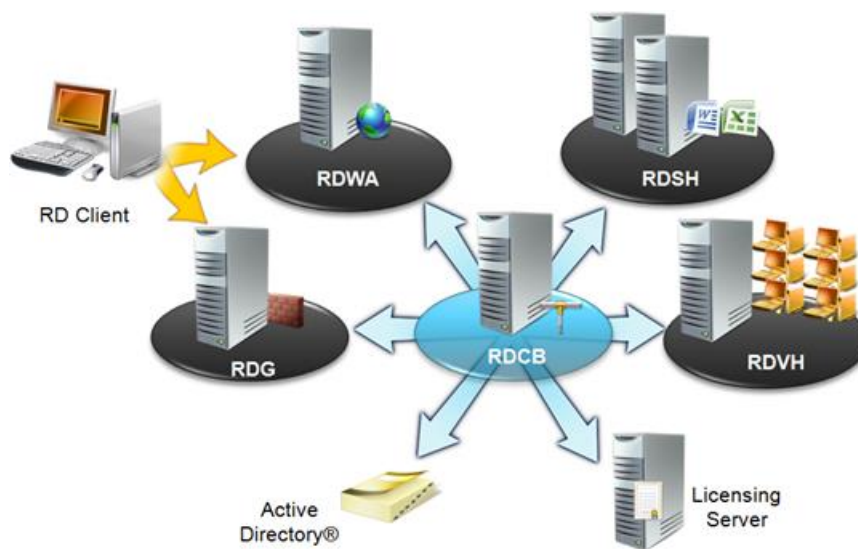
### 3.4.2 Microsoft

Die amerikanische Microsoft Corporation wurde 1975 durch Bill Gates und Paul Allen gegründet und ist der größte Softwarehersteller weltweit. Das Unternehmen stellt zudem auch Hardware her. Der Hauptsitz liegt in Redmond im Bundesstaat Washington. Bekannt ist Microsoft durch das Betriebssystem Windows und durch das Bürosoftwarepaket Office. Im Bereich der Virtualisierung hat Microsoft das Produkt Hyper-V im Portfolio. Vgl. (Wikipedia 2017b)

Hyper-V ist in der Version 1.0 mit Windows Server 2008 präsentiert worden. Die Version 2.0 kam mit Windows Server 2008 R2 auf den Markt. Auf diese folgte die Version 3.0, welche mit Windows Server 2012 erschien. Mit Windows Server 2012 R2 sind einige Verbesserungen in Hyper-V implementiert worden, es gab aber keine neue Hauptversion von Hyper-V. Vgl. (Grover 2015)

Microsofts VDI-Lösung basiert im Kern auf den Terminal Services („siehe: 2.3.2.2“). Diese wurden mit der Einführung des Windows Server 2008 R2 erweitert, und in Remote Desktop Services, umbenannt. Das Konzept und die Architektur wurde seit Windows Server 2008 R2 nur wenig verändert. Vgl. (Chou 2010)

In folgender Grafik sind die Komponenten einer Microsoft RDS-Umgebung dargestellt („siehe: Abbildung 9“):



**Abbildung 9: Komponenten einer Microsoft RDS-Umgebung Quelle: (Chou 2010)**

Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten des Microsoft Produkts betrachtet und erläutert.

- **Remote Desktop Web Access (RDWA):** Ist ein über Web erreichbares Interface, welches einen Zugang zu den virtuellen Desktops und Anwendungen ermöglicht. Dazu muss ein Internet Information Server (IIS) mit SSL konfiguriert werden. Standardmäßig kann das Interface über die URL <https://the-FQDN-of-a-RDWA-server/rdweb> erreicht werden. Der Benutzer muss sich mit seinen Active Directory (AD) Zugangsdaten authentifizieren und hat dann Zugriff auf die ihm erlaubten virtuellen Desktops bzw. Programme.
- **Remote Desktop Gateway (RDG):** Ist eine optionale Komponente, die mittels eines Serverzertifikats einen sicheren Fernzugriff auf die RDS-Infrastruktur ermöglicht. Der RDG bildet praktisch nach außen hin die Grenze einer RDS-Umgebung. Der Benutzerzugriff auf die Ressourcen wird mit zwei Richtlinien gesteuert. In der Connection Authorization Policy oder CAP wird den Benutzern der Zugriff über



den RDG ermöglicht. In der zweiten Richtlinie, der Resource Authorization Policy, oder RAP, werden die Ressourcen, auf denen sich ein CAP Benutzer über einen RDG verbinden darf, definiert.

- **Remote Desktop Session Host (RDSH):** Hier werden sowohl Anwendungen als auch TS Sitzungen ("siehe Abschnitt: 2.3.2.2") eingerichtet und den Benutzern zur Verfügung gestellt. Der RDSH stellt gegenüber einem TS Session Host eine Verbesserung dar, da hier die Benutzer nicht alle Ressourcen, die ihnen zur Verfügung stehen, sehen. Es sind nur die Ressourcen, auf die die Benutzer Zugriff haben, ersichtlich. Die Zuteilung des Zugriffs wird in einer sogenannten Access Control List (ACL) definiert.
- **Remote Desktop Virtualization Host (RDVH):** Diese Komponente betreibt die VMs, die den Benutzern als virtuelle Desktops zur Verfügung stehen. Der RDVH basiert auf Hyper-V. Wird vom Benutzer ein virtueller Desktop angefordert, so startet der RDVH die VM, sofern sie nicht schon gestartet ist. Zudem wird bei jedem Zugriff auf einen virtuellen Desktop die Zugangsberechtigung vom Benutzer überprüft. Verbindungsanfragen von Benutzern zu VMs werden jedoch nicht direkt vom RDVH akzeptiert, stattdessen wird der RDSH als "redirector" verwendet.
- **Remote Desktop Connection Broker (RDCB):** Der RDCB stellt die Verbindungen zwischen den Benutzern und den TS-Anwendungen bzw. den virtuellen Desktops her. Dazu kann ein virtueller Desktop von einer bestimmten VM zur Verfügung stehen oder dynamisch aus einem Pool von VMs zugeteilt werden. Als Administrationstool wird der Remote Desktop Connection Manager, eine RDCB Konsole, verwendet. Mit diesem Programm können die zur Verfügung stehenden Ressourcen von RDSHs und RDVHs den Benutzern zugeteilt werden. Im Anschluss werden den Benutzern die Programme, TS Sitzungen und virtuelle Desktops über eine gleichbleibende URL mit Hilfe des RDWA angeboten.
- **Remote Desktop (RD) Client:** Der RD Client erhält seine Verbindungsinformationen vom RDWA Server. Außerhalb des Firmennetzwerks wird der RDG dafür verwendet. Ein interner RD Client kann, wenn der RDCB ihm die Verbindungsinformationen übermittelt hat, sich direkt zu einem RDSH oder RDVH hin verbinden. In jedem Fall sorgt der RDCB dafür, dass sich der RD Client zur richtigen Ressource verbindet.
- **Licensing Server:** Alle fünf Hauptkomponenten (RDWA, RDG, RDCB, RDSH, RDVH) benötigen einen Lizenzserver. Vgl. (Chou 2010)

### 3.4.3 VMware

Das Unternehmen VMware, Inc. wurde 1998 durch Mendel Rosenblum, Diane Greene, Scott Devine, Edward Y. Wang und Edouard Bugnion, mit dem Hauptsitz in Palo Alto im Bundesstaat Kalifornien gegründet. Seit 2016 ist VMware ein eigenständiges Unternehmen unter dem Dach der Firma Dell Technologies. Das Produkt von VMware im Bereich der Desktopvirtualisierung lautet auf den Namen VMware Horizon. Vgl. (Wikipedia 2017d)

In folgender Abbildung ist der Aufbau einer VMware VDI-Architektur dargestellt („siehe: Abbildung 10“):

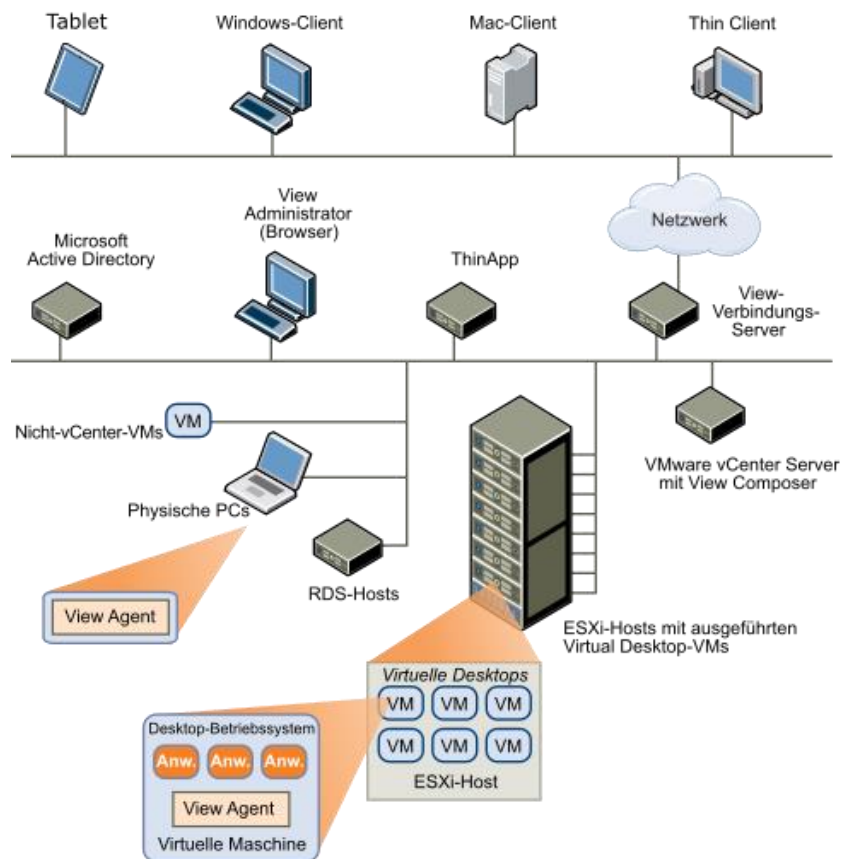


Abbildung 10: VMware VDI-Architektur Quelle: (VMware 2015b)

Wie bereits vorher bei den anderen beiden Herstellern von VDI-Lösungen werden auch bei diesem Anbieter im Folgenden die einzelnen Komponenten beschrieben.

- **Clientgeräte:** Benutzer können auf virtuelle Desktops von den unterschiedlichsten Geräten aus, wie zum Beispiel von einem Firmen-Laptop, ihrem Heim-PC, einem

Thin Client, einem Macintosh, einem Tablet oder einem Smartphone aus, zugreifen. Dies kann auf zwei Arten geschehen: über einem Webbrowser ohne Installation von zusätzlicher Software oder über das Programm Horizon Client. Thin Client Geräte verwenden eine View Thin Client Software. Diese Geräte können so konfiguriert werden, dass diese Software die einzige ist, die von Benutzern gestartet werden kann.

- **View-Verbindungsserver:** Diese Komponente ist eine Software, die als Vermittler von Clientverbindungen fungiert. Der Benutzer wird vom View-Verbindungsserver mittels Microsoft Active Directory authentifiziert. Im Anschluss daran wird die Verbindung durch den View-Verbindungsserver zu der entsprechenden Ressource wie einer virtuellen Maschine, einem physischen PC oder einem Microsoft RDS Host hergestellt. Die Konfigurationsdaten eines View-Verbindungsserver werden in einem eingebetteten LDAP-Verzeichnis gespeichert. Sind mehrere View-Verbindungsserver installiert, so wird die Konfiguration innerhalb dieser Gruppe repliziert. In der DMZ eines Unternehmens werden View-Verbindungsserver als Sicherheitsserver installiert, diese kommunizieren mit View-Verbindungsserver-Instanzen, die sich im internen Netzwerk des Unternehmens befinden. Damit wird gewährleistet, dass nur authentifizierte Benutzer auf Ressourcen im Rechenzentrum, für die sie berechtigt sind, zugreifen dürfen.
- **Horizon Client:** Damit ein Benutzer seine zugewiesenen Ressourcen mit Hilfe des Horizon Client nutzen kann, muss er sich an dieser Client-Software anmelden. Diese Autorisierung ist mittels seiner Active Directory-Anmeldedaten, eines Benutzerprinzipalnamens (UPN), einer Smartcard-PIN, eines RSA SecurID-Tokens oder durch ein anderes Zwei-Faktor-Authentifizierungstoken möglich.
- **VMware Horizon-Webportal für Benutzer:** Mit Hilfe dieses Portals können Verbindungen zu virtuellen Desktops und Remote-Anwendungen, die im Rechenzentrum betrieben werden, hergestellt werden. Bei Bedarf kann der Horizon Client heruntergeladen, oder sofern die Software bereits am Clientgerät installiert ist, gestartet werden.
- **View Agent:** Diese Software muss auf allen Ressourcen wie virtuellen Maschinen, physischen Systemen und Microsoft RDS-Hosts im Rechenzentrum, die als Quellen für virtuelle Desktops und Remote-Anwendungen dienen, installiert werden. Der View Agent kommuniziert mit dem Horizon Client. Dadurch werden Funktionen wie die Verbindungsüberwachung, das virtuelle Drucken, das View Persona Management oder der Zugriff auf lokal angeschlossene USB-Geräte ermöglicht. Eine Single Sign-On (SSO) Option bei der Installation erlaubt es, dass der Benutzer nur einmal zur Eingabe seiner Benutzerkennung aufgefordert wird.
- **View Administrator:** Diese webbasierte Anwendung wird bei Installation eines View-Verbindungsservers mitinstalliert. Dadurch können Administratoren View-Verbindungsserver konfigurieren, Remote Desktops und Remote Anwendungen

bereitstellen und verwalten. Zudem kann die Benutzerauthentifizierung der Anwender gesteuert werden.

- **View Composer:** View Composer ist ein Dienst, der zur Speicherplatzreduzierung eingesetzt werden kann. Diese Software wird auf einem vCenter Server, der die virtuellen Maschinen verwaltet, oder auf einem anderen Server installiert. View Composer kann immer nur mit einer vCenter Instanz verknüpft werden. Dies gilt auch bei einer vom vCenter getrennten Installation auf einem anderen Server.
- **vCenter Server:** Ein vCenter Server Dienst dient zur zentralen Verwaltung von VMware ESXi Servern, welche über ein Netzwerk miteinander verbunden sind. Auch die Konfiguration, Bereitstellung und Verwaltung der virtuellen Maschinen, die auf ESXi Servern betrieben werden, gehören zu den Aufgaben eines vCenter Server. Vgl. (VMware 2015b, S. 12–15)

## 3.5 Endauswahl

Hier werden die verbliebenen drei Hersteller nach den Anforderungen, die die Tirol Kliniken GmbH an eine Virtuelle Desktop Infrastruktur stellen, bewertet und das Ergebnis wird anschließend in einer gewichteten Tabelle dargestellt.

### 3.5.1 Paarvergleich

Um einen Gewichtungsfaktor für die Bewertung zu erhalten, wird die Paarvergleichsmethode auf die festgelegten Anforderungen angewendet.

Hierbei wird für alle relevant erscheinenden Kriterien festgelegt, welche Bedeutung jedes einzelne Kriterium für die Entscheidung hat. Die Bedeutung des Kriteriums wird mit einer Verhältniszahl ausgedrückt. Diese Zahl wird als "Gewicht" bezeichnet und bemisst die relative Bedeutung jedes einzelnen Kriteriums für die Problemstellung. Vgl. (Kühnapfel 2014, S. 10)

Zur Erleichterung der Darstellung werden die technischen Anforderungen der Tirol Kliniken GmbH tabellarisch gelistet und alphanumerisch bezeichnet („siehe: Tabelle 1“).

Kriterium	Anforderung
A	Die VDI-Umgebung muss innerhalb der Tirol Kliniken GmbH betrieben werden, darf also nicht als Service gemietet werden.
B	Externe Zugriffe von außerhalb des Firmennetzwerks müssen mit der bestehenden 2-Faktor-Authentifizierung durchgeführt werden.
C	Die VDI-Infrastruktur muss kompatibel zur existierenden Servervirtualisierungsinfrastruktur der Firma VMware sein.
D	Es soll die vorhandene SAN-Infrastruktur mit der eingesetzten Storage Virtualisierung genutzt werden.
E	Es sollen die bereits vorhandenen Desktop Images, basierend auf einer Client Deployment-Infrastruktur von Microsoft, zum Herstellen der virtuellen Desktops verwendet werden.
F	Die VDI-Umgebung soll für 140 virtuelle Desktops ausgelegt sein, jedoch skalierbar für eine höhere Anzahl.
G	Das Betriebssystem der virtuellen Desktops soll Windows sein.
H	Als Clientgeräte sollen Laptops und PCs mit Windows oder Thin Clients eingesetzt werden können.
I	Der Zugriff auf die virtuellen Desktops soll auch über einen Webbrowser möglich sein, nach Möglichkeit mit HTML5.

Tabelle 1: Anforderungskriterien

In folgender Tabelle ist der Paarvergleich der Kriterien abgebildet: („siehe: Tabelle 2“)

als wichtiger	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Punkte	Gewichtung	Rang
A		1	1	1	1	1	1	1	1	8	22,22%	1.
B	0		0	0	0	0	0	1	1	2	5,56%	6.
C	0	1		1	1	1	1	1	1	7	19,44%	2.
D	0	1	0		1	1	1	1	1	6	16,67%	3.
E	0	1	0	0		1	1	1	1	5	13,89%	4.
F	0	1	0	0	0		0	0	1	2	5,56%	6.
G	0	1	0	0	0	1		1	1	4	11,11%	5.
H	0	0	0	0	0	1	0		0	1	2,78%	7.
I	0	0	0	0	0	0	0	1		1	2,78%	7.
Summe										36	100%	

1  $\triangleq$  das Kriterium ist wichtiger als das andere

Tabelle 2: Paarvergleich der Kriterien

Beim Paarvergleich der Kriterien wird jedes einzelne Kriterium sowohl vertikal als auch horizontal in einer Tabelle („siehe: Tabelle 2“) eingetragen und miteinander verglichen. Es wird festgelegt, ob das vertikale Kriterium wichtiger ist als das horizontale Kriterium. Trifft dies zu, wird am Kreuzungspunkt im Feld eine „1“ eingetragen, also ein Punkt vergeben.

Zum Beispiel („siehe: Tabelle 2“): Das Kriterium A (vertikal) ist wichtiger als das Kriterium B (horizontal), daher wird im Kreuzungspunkt eine „1“ notiert. Im Umkehrschluss ergibt sich daraus, dass das Kriterium B (vertikal) weniger wichtig als das Kriterium A (horizontal) ist und daher wird im Kreuzungspunkt eine „0“ eingetragen, also kein Punkt vergeben. Die Felder mit zwei identischen Kriterien werden mit einem schwarzen Kästchen markiert, da es nicht möglich ist, ein Kriterium mit sich selbst zu vergleichen. Sind alle Kriterien miteinander verglichen, werden in horizontaler Richtung die Punkte addiert. Die Summe aller Punkte ergibt im Fall der Tirol Kliniken GmbH ein Gewicht von 36 Punkten, was einer Gewichtung von 100 Prozent entspricht. Davon ausgehend werden die Gewichte der einzelnen Kriterien berechnet und somit auch der Rang bestimmt. Die Entscheidung, welches Kriterium wichtiger als das andere ist, wurde im Fall der Tirol Kliniken GmbH mittels einer internen Diskussion getroffen.

Durch das Ergebnis des paarweisen Vergleichs kann in weiterer Folge eine gewichtete Tabelle erstellt werden, die für die Bewertung der einzelnen Hersteller herangezogen werden kann.

### 3.5.2 Gewichtete Tabelle

Bevor eine Bewertung der Kriterien erfolgen kann, ist eine Skala festzulegen. Sinnvollerweise soll die Skala eindeutig und praktikabel sein. Der Autor entschied sich für die Schulnotenskala, die eindeutig und praktikabel ist. Diese Methode hat allerdings den Nachteil, dass bei der späteren Multiplikation der Bewertung mit dem Gewicht nicht die Schulnote selbst, sondern ihr umgekehrter Wert verwendet werden muss. Vgl. (Kühnapfel 2014, S. 16–17)

In folgender Tabelle ist die Bewertungsskala mit den Noten nach dem österreichischen Notensystem (1-5) und den entsprechenden Punkten zur Bewertung dargestellt („siehe: Tabelle 3“):

Note	Punkte	Bedeutung
1	5	Kriterium ist sehr gut erfüllt/außerordentlich nützlich
2	4	Kriterium ist gut erfüllt/sehr nützlich
3	3	Kriterium ist in befriedigendem Maße erfüllt/nützlich
4	2	Kriterium ist ausreichend erfüllt/bedingt nützlich
5	1	Kriterium ist nicht bzw. ungenügend erfüllt/nicht nützlich

**Tabelle 3: Bewertungsskala**

In der folgenden gewichteten Tabelle werden nun die Kriterien inklusive ihrem zuvor ermittelten Gewicht („siehe: Tabelle 2“) und die Bewertung jedes einzelnen Kriteriums nach der Bewertungsskala („siehe: Tabelle 3“) für die einzelnen VDI-Lösungen der unterschiedlichen Hersteller dargestellt, dabei erfolgte die Bewertung durch eine interne Diskussion basierend auf einer Produktrecherche des Autors („siehe: Tabelle 4“):

			Citrix - XenDesktop 7.6		Microsoft - VDI Windows Server 2012R2		Vmware - Horizon 6.2	
Kriterium	Punkte	Gewichtung	Bewertung [Pkt.]	Ergebnis [Pkt.]	Bewertung [Pkt.]	Ergebnis [Pkt.]	Bewertung [Pkt.]	Ergebnis [Pkt.]
A	8	22,22%	5	40	5	40	5	40
B	2	5,56%	5	10	5	10	5	10
C	7	19,44%	4	28	1	7	5	35
D	6	16,67%	5	30	5	30	5	30
E	5	13,89%	5	25	5	25	5	25
F	2	5,56%	5	10	5	10	5	10
G	4	11,11%	5	20	5	20	5	20
H	1	2,78%	5	5	5	5	5	5
I	1	2,78%	5	5	1	1	5	5
<b>Summe</b>	<b>36</b>	<b>100,00%</b>	<b>44</b>	<b>173</b>	<b>37</b>	<b>148</b>	<b>45</b>	<b>180</b>

**Tabelle 4: gewichtete Tabelle**

Die Punkte des Ergebnisses eines einzelnen Kriteriums entsprechen der Multiplikation der Punkte des Gewichts mit den Punkten der Bewertung. Diese Berechnung wird für jeden Hersteller und für jedes Kriterium durchgeführt. Um sich letztendlich für ein Produkt entscheiden zu können, werden im Anschluss die Summen der Bewertungs- und Ergebnispunkten gebildet.

### 3.6 Entscheidung

Wie in der obigen Tabelle („siehe: Tabelle 4“) ersichtlich ist, erfüllt die VDI-Lösung Horizon 6.2 der Firma VMware die technischen Anforderungen, welche die Tirol Kliniken GmbH an eine VDI Infrastruktur stellen, vollständig und mit 180 Punkten am besten. Dahinter liegt mit 173 Punkten das Produkt von Citrix auf dem zweiten Platz, gefolgt vom Produkt der Firma Microsoft mit 148 Punkten auf Rang drei.

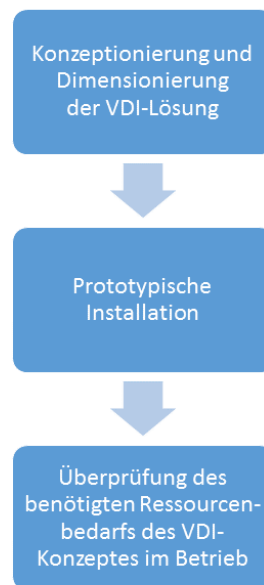
Insgesamt betrachtet sind die Unterschiede für die Anforderungen der Tirol Kliniken GmbH bei den drei Produkten gering. Bei acht (Citrix) bzw. sieben (Microsoft) von neun Kriterien gibt es keinen Unterschied zum Punktbesten (VMware). Die Bewertung des Kriteriums C für Citrix bzw. das Ergebnis der Bewertung der Kriterien C und I für Microsoft geben den Ausschlag für das Produkt von VMware. Das Kriterium C – „Die VDI Infrastruktur muss kompatibel zur existierenden Servervirtualisierungsinfrastruktur der Firma VMware sein.“ – wird von Microsoft nicht erfüllt, da kein VMware Hypervisor unterstützt wird. Citrix unterstützt zwar VMware als Hypervisor, die Integration eines Fremdprodukts wurde jedoch nicht mit derselben Note wie die Integration eines firmeneigenen Produktes bewertet. Das Kriterium I – „Der Zugriff auf die virtuellen Desktops soll auch über einen Webbrowser möglich sein, nach Möglichkeit mit HTML5.“ – wird von Microsoft nicht unterstützt, daraus resultiert die Bewertung mit nur einem Punkt. Dies führt letztendlich dazu, dass das Produkt gegen über den anderen an Boden verliert und zum Schluss den dritten Rang belegt.

### **3.7 Übersicht der weiteren Vorgehensweise**

Nach der getroffenen Entscheidung für ein Produkt wird die Virtual Desktop Infrastruktur des Herstellers VMware für die Anforderungen der Tirol Kliniken GmbH konzipiert und dimensioniert. Im Anschluss daran erfolgt die prototypische Installation der Software. Zuletzt wird der im Betrieb benötigte Ressourcenbedarf des VDI-Konzeptes auszugsweise überprüft.

Die weitere Vorgehensweise in dieser Diplomarbeit lässt sich daher wie folgt grafisch darstellen („siehe: Abbildung 11“):





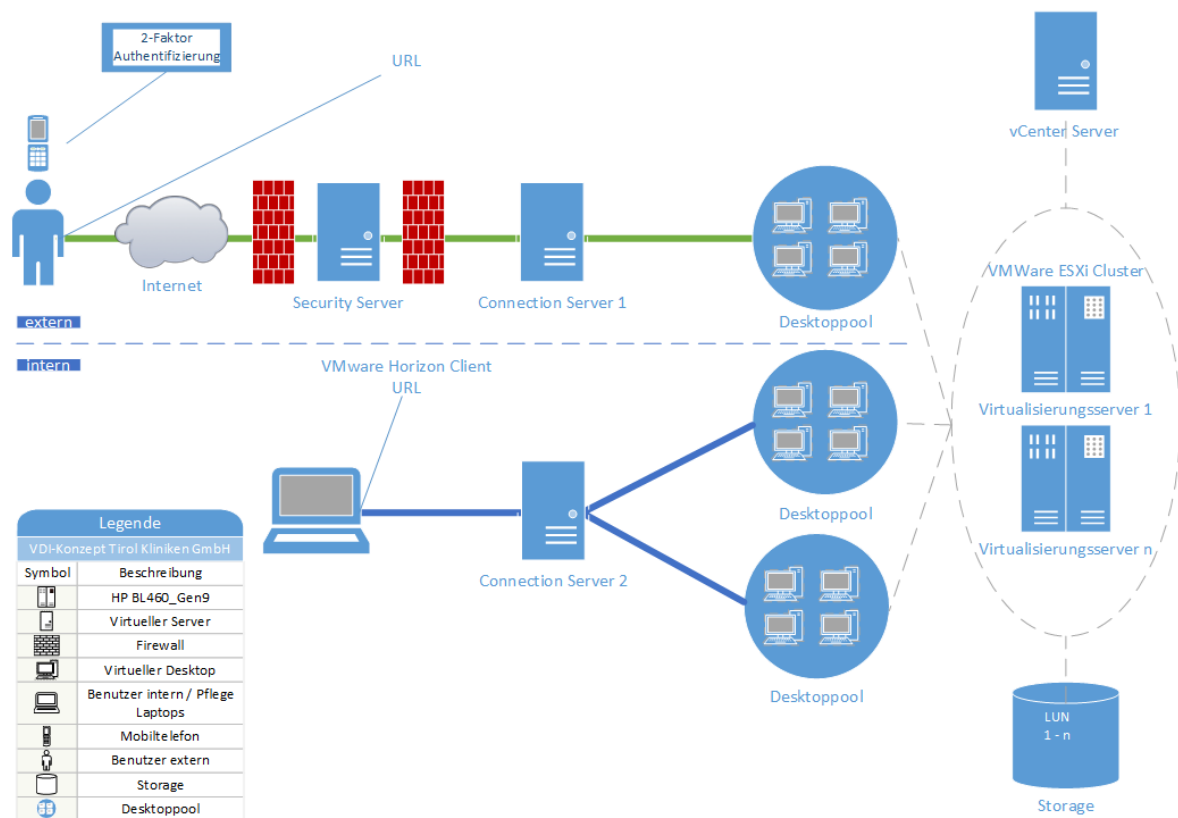
**Abbildung 11: Vorgehensweise nach der Entscheidung**



## 4 Konzeptionierung und Dimensionierung der Virtual Desktop Infrastruktur

### 4.1 Konzeptioneller Aufbau

Um den gestellten Anforderungen der Tirol Kliniken GmbH gerecht zu werden, entschloss sich der Autor für folgenden konzeptionellen Aufbau der VDI-Lösung („siehe: Abbildung 12“):



**Abbildung 12: Konzeptioneller Aufbau der VDI-Lösung**

Der Aufbau soll aus technischer Sicht möglichst einfach gehalten sein und nur mit den notwendigen Komponenten, die zum Betrieb der VDI-Lösung benötigt werden, auskommen, wobei die gestellten Anforderungen („siehe: Abschnitt 3.2“) erfüllt sein müssen. Durch diese Maßnahme soll der administrative Aufwand im Betrieb und die Fehlersuche

im Problemfall für die Mitarbeiter der IT-Abteilung der Tirol Kliniken GmbH möglichst gering gehalten werden. Damit ist auch begründet, warum keine Loadbalancing Server („siehe: Abschnitt 2.4.2“) eingesetzt werden. Das Konzept kann bei zukünftigen Bedarf um die Server zur Lastverteilung erweitert werden.

Mit Hilfe des Security Server, der mit einem Connection Server ein Paar bildet, wird der externe Zugriff von außerhalb des Firmennetzwerks auf virtuelle Desktops realisiert. Zur Erfüllung der gestellten Sicherheitsanforderung wird die bestehende 2-Faktor-Authentifizierung integriert. Dies geschieht durch die Integration des bestehenden RADIUS Server in die VDI-Umgebung. Dabei übernimmt der RADIUS Server die Authentifizierung der externen Benutzer mittels Benutzername und Kennwort, die bei der Anmeldung zur Nutzung der virtuellen Desktops angegeben werden müssen. Mittels einer zusätzlichen Software wird bei korrekten Zugangsdaten ein Einmalpasswort (OTP) per SMS an das Mobiltelefon des Nutzers geschickt. Das OTP muss dann als zweiten Faktor zur Authentifizierung in die Anmeldemaske eingegeben werden, um letztlich Zugang zu einem virtuellen Desktop zu erhalten. Der zweite vorhandene Connection Server realisiert den internen Zugriff auf die virtuellen Desktops. Die Verwaltung der VMware ESXi Virtualisierungsserver, die zu einem Cluster verbunden sind, der sich über die beiden vorhandenen Rechenzentrumsstandorte der Tirol Kliniken GmbH erstreckt, übernimmt der vCenter Server. Dieser zusätzliche vCenter Server für die VDI-Umgebung verwaltet ausschließlich und unabhängig vom vorhandenen vCenter Server der Servervirtualisierungsinfrastruktur die ESXi Hosts und die VMs der VDI-Umgebung. Durch diese Auftrennung bleibt die Verwaltung der vorhandenen Servervirtualisierungsinfrastruktur unbeeinflusst von der neu eingeführten VDI-Infrastruktur. Die benötigte Speicherkapazität für die virtuellen Desktops wird über die vorhandene Storageinfrastruktur realisiert. Der geforderte Zugriff via Webbrowser und HTML5 auf die virtuellen Desktops wird mittels eines Produktmerkmals von VMware Horizon umgesetzt. Dabei können die Benutzer über eine URL von intern sowie auch von extern auf virtuelle Desktops zugreifen.

#### **4.1.1 Benutzer und Berechtigungen**

Zusätzlich zur VDI-Infrastruktur wird noch eine funktionierende Active Directory Umgebung benötigt, um zum Beispiel die Benutzerauthentifizierung an den virtuellen Desktops zu realisieren. Wird der Composerdienst verwendet, muss im AD ein Benutzerkonto für diesen Dienst erstellt werden, damit bestimmte Vorgänge ausgeführt werden können.

Die folgenden Berechtigungen sind für das erstellte Benutzerkonto für den AD Container und allen untergeordneten Objekten in denen sich die VMs für die virtuellen Desktops befinden, nötig:

- Inhalt auflisten
- Alle Eigenschaften lesen
- Alle Eigenschaften schreiben
- Berechtigungen lesen
- Kennwort zurücksetzen
- Computerobjekte erstellen
- Computerobjekte löschen

Wird die Option *Wiederverwendung bereits bestehender Computerkonten zulassen* im View Administrator ausgewählt, dann werden nur die folgenden Berechtigungen benötigt:

- Inhalt auflisten
- Alle Eigenschaften lesen
- Berechtigungen lesen
- Kennwort zurücksetzen Vgl. (VMware 2017a, S. 30–31)

Damit die VMware Horizon Software im vCenter Server bestimmte Vorgänge ausführen kann, muss einem Benutzerkonto eine vCenter Server-Rolle mit den dazu notwendigen Rechten zugewiesen werden. Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH ist dies die Administratorrolle.

Wird der Composerdienst auf dem vCenter Server wie im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH installiert, so muss der vCenter Server Benutzer zusätzlich zu der lokalen Administratorengruppe am vCenter Server hinzugefügt werden. Dies dient View zur Authentifizierung beim Composerdienst. Vgl. (VMware 2017a, S. 104)

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH werden alle zuvor beschriebenen Rollen und Berechtigungen zu einem einzigen in der AD angelegten Benutzerkonto zugeordnet.

Auch die Nutzung der 2-Faktor-Authentifizierung wird für die Benutzer mittels einer AD Berechtigung konfiguriert.

Die Active Directory Struktur ist im konzeptionellen Aufbau nicht dargestellt und wird auch in weiterer Folge in dieser Arbeit nicht genauer betrachtet.

### 4.1.2 Desktoppools

Um die unterschiedlichen Softwareanforderungen der Benutzer zu erfüllen, die in den verschiedenen Kliniken der Tirol Kliniken GmbH arbeiten, werden unterschiedliche Desktoppools zur Verfügung gestellt.

Ein Desktoppool ist eine Sammlung von virtuellen Desktops. Als Quelle können virtuelle Maschinen, physische Computer und Windows-Remotedesktopdienste-Hosts (RDS) verwendet werden. Vgl. (VMware 2015b, S. 35)

Je nach Art des Pools kann dieser mit einer dezidierten oder einer dynamischen Zuweisung bereitgestellt werden. Bei der dezidierten Zuweisung wird jedem Benutzer bei jeder Anmeldung immer derselbe Desktop zugewiesen. Es kann kein anderer Benutzer auf diesen Desktop zugreifen. Im Fall der dynamischen Zuweisung erhält der Benutzer einen beliebigen Desktop aus dem Pool zugewiesen. Meldet sich der Benutzer vom virtuellen Desktop ab, steht der virtuelle Desktop wieder allen zur Verfügung. Vgl. (VMware 2016, S. 139)

Zudem können mit Hilfe des View Composer Pools auf Basis von linked clones erstellt werden und damit die erforderliche Speicherkapazität reduziert werden. Vgl. (VMware 2015b, S. 41)

Ein Nachteil eines linked clone-Pools ist allerdings, dass Daten nicht dauerhaft gespeichert werden können. Wird eine dauerhafte Datenspeicherung benötigt, so muss ein linked clone-Pool mit persistenten Festplatten eingerichtet werden. Die Funktion eines linked clone und eines linked clone with persistent disk wird bei der Ermittlung der Storage Kapazität erläutert („siehe: Abschnitt 4.2.4.2 und Abschnitt 4.2.4.3“).

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH werden sechs verschiedene linked clone-Pools eingesetzt, die als Quelle vier verschiedene VMs nutzen, um die unterschiedlichen Softwareanforderungen der Nutzer zu erfüllen. Die 140 virtuellen Desktops werden in zwei Pools mit dezidiertem Zuweisung zu je 60 VMs und in vier Pools mit dynamischer Zuweisung zu je 5 VMs eingeteilt. Bei den Pools mit dezidiertem Zuweisung werden linked clones with persistent disk eingesetzt um diesen Nutzern eine dauerhafte Datenspeicherung zu ermöglichen. Bei den vier Pools mit dynamischer Zuweisung werden linked clones ohne persistent disk zur Speicherreduzierung verwendet, da diese Nutzer keine dauerhafte Datenspeicherung benötigen.

### 4.1.3 Virtuelle Server

Folgende im Konzept erforderlichen Server werden als virtuelle Server in der bestehenden Infrastruktur zur Servervirtualisierung der Tirol Kliniken GmbH bereitgestellt:

- 1x Security Server
- 2x Connection Server
- 1x vCenter Server

Die Werte der Eigenschaften der virtuellen Maschinen stammen aus gesammelten Erfahrungswerten aus der vorhandenen VMware-Umgebung und sind an Empfehlungen von VMware angelehnt. Die Eigenschaft vCPU entspricht dabei der Anzahl der physischen CPU-Kerne des Virtualisierungsserver, die der VM, hier als virtueller Server bezeichnet, zugeordnet sind.

vCenter Server:

- 2 vCPU
- 12GB RAM
- 2x Festplatte mit je 50GB
- 1x Netzwerkkarte vom Typ VMXNET3

Connection Server 1, Connection Server 2 und Security Server:

- 2 vCPU
- 10GB RAM
- 1x Festplatte mit 50GB
- 1x Netzwerkkarte vom Typ VMXNET3

Alle vier VMs sind mit dem Betriebssystem Windows Server 2012R2 installiert und in die Windowsdomäne der Tirol Kliniken GmbH integriert.

### 4.1.4 Zertifikate in einer VMware VDI-Umgebung

Standardmäßig generieren die Connection Server, Security Server oder Composer Instanzen bei ihrer Installation SSL-Zertifikate. Trotzdem empfiehlt VMware diese Zertifikate gegen Zertifikate, die von einer gültigen Certificate Authority (CA) stammen, auszutauschen. Vgl. (VMware 2015c, S. 7)

### 4.1.5 Austausch der Zertifikate

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH wird für den Security Server und den Connection Server 2 jeweils ein Zertifikat des Zertifikatsanbieters DigiCert eingesetzt. Bei diesen beiden Servern ist der Zugriff auf die virtuellen Desktops über eine URL eingerichtet, daher wird ein öffentliches Zertifikat verwendet, das auch außerhalb des Netzwerks der Tirol Kliniken GmbH auf Gültigkeit überprüft werden kann. Das Zertifikat für den Connection Server 3 stammt von der Tirol Kliniken GmbH internen Public Key Infrastruktur (PKI). Dieser Server ist mit dem Security Server verbunden, daher erfolgt der Zugriff auch über den Security Server. Für den Composer wird das selbst generierte Zertifikat beibehalten.

Der Ablauf vom Erstellen bis zum Einsatz eines Zertifikates ist folgender:

1. Erstellen einer Certificate Signing Request (CSR)
2. Übermitteln der CSR an die CA
3. Das Zertifikat wird erhalten
4. Importieren des Zertifikats in den Windows Zertifikatspeicher
5. Ändern des friendly name des Zertifikates auf vdm

Ein wichtiger Punkt beim Importieren des Zertifikates ist, dass der Schlüssel des Zertifikates exportierbar sein muss. Das Zertifikat wird erst erkannt und verwendet, wenn der Anzeigename auf vdm geändert wird.

## 4.2 Dimensionierung

In diesem Abschnitt wird die konzeptionierte VDI-Umgebung am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH dimensioniert.

### 4.2.1 Usertypen

Nicht jeder Benutzer stellt dieselben Ansprüche an einen virtuellen Desktop. Einige benötigen während ihrer Tätigkeit nur eine, andere wiederum mehrere Applikationen, die gleichzeitig geöffnet sind. Dieses unterschiedliche Nutzungsverhalten hat einen Einfluss auf die Eigenschaften des benötigten virtuellen Desktops. Ein Benutzer, der nur eine Applikation, die geringe Anforderungen an die vorhandenen Ressourcen stellt, benutzt, könnte zum Beispiel mit einer virtuellen CPU (vCPU) und einem GB Arbeitsspeicher



(RAM) auskommen. Hingegen benötigt ein anderer Benutzer mehrere Applikationen gleichzeitig, die zusätzlich auch noch höhere Anforderungen an den Arbeitsspeicher und die vCPU stellen. So wird dieser Benutzer möglicherweise einen virtuellen Desktop mit 2 vCPU und 4 GB RAM benötigen. Neben den unterschiedlichen Anforderungen an den Prozessor und den Arbeitsspeicher produzieren die virtuellen Desktops der beiden Benutzer auch eine unterschiedlich hohe Anzahl an Ein- und Ausgabebefehlen pro Sekunde (IOPS). Die IOPS können zur Ermittlung der Storage Performance herangezogen werden. In dieser Diplomarbeit wird für das Beispiel der Tirol Kliniken GmbH nur die benötigte Storagekapazität und nicht die benötigte Performance der Storage ermittelt.

Denn es ist bereits eine leistungsfähige Hitachi Unified Storage VM (HUS VM) die der Einstiegsklasse des Storage Enterprise-Segmentes zuzuordnen ist, vorhanden. Vgl. (Hitachi Data Systems 2013, S. 3)

Laut Auskunft des betreuenden Technikers des Herstellers ermöglicht diese Storage in der Konfiguration, wie sie bei der Tirol Kliniken GmbH eingesetzt wird, eine Performance von bis zu 25000 IOPS.

Um die vCPU Anzahl und die Größe des benötigten RAM der VMs für die Nutzer festzulegen, bezieht sich der Autor im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH auf Richtlinien aus einem Dokument von VMware. In diesem Dokument sind unterschiedliche VM Konfigurationen, in Bezug auf RAM Größe und Anzahl von vCPUs, für verschiedene Nutzertypen abgebildet.

In folgender Tabelle sind verschiedene Usertypen mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an den virtuellen Desktop ersichtlich („siehe: Tabelle 5“):

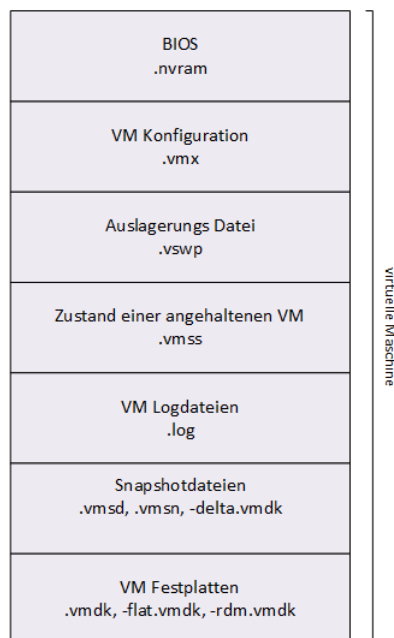
USER/WORKER TYPE	APPLICATIONS (OPEN SIMULTANEOUSLY)	VIRTUAL MACHINE CONFIGURATION	IOPS
Task-based worker (light)	Limited (1-5 applications, light use)	1 virtual CPU 1GB memory	3-7
Knowledge worker (medium)	Standard office (1-5 applications, regular use)	2 virtual CPUs 2GB memory	8-16
Power user (heavy)	Compute-intensive (5+ applications, regular use)	2 virtual CPUs 4GB memory	17-25
Power user plus (heavy)	Compute-intensive (5+ applications, intense use)	2+ virtual CPUs 4GB memory	26+

**Tabelle 5: Usertypen mit unterschiedlichen Anforderungen an die virtuellen Desktops**  
**Quelle: (Schimscheimer 2013)**

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH wird angenommen, dass die Anwender dem Usertyp Knowledge worker laut obiger Tabelle („siehe: Tabelle 5“) entsprechen.

#### 4.2.2 Definition des virtuellen Desktops

In folgender Abbildung sind die Dateien, aus denen eine virtuelle Maschine in einer VMware-Umgebung besteht, dargestellt („siehe: Abbildung 13“):



**Abbildung 13: Bestandteile einer virtuellen Maschine in einer VMware-Umgebung**

Wie schon erwähnt („siehe: Abschnitt 2.4.4“) kann ein virtueller Desktop in einer VDI-Umgebung einer virtuellen Maschine entsprechen. In einer VMware VDI-Umgebung besteht die VM aus einzelnen Dateien, die je nach Konfiguration eine bestimmte Menge an Speicherplatz benötigen. Die Anzahl der Dateien, aus denen eine virtuelle Maschine besteht, hängt vom Zustand ab, in der sie sich befindet und wie sie konfiguriert ist. Es müssen jedoch nicht zwangsläufig alle in der Abbildung 13 dargestellten Dateien vorhanden sein. Im Folgenden werden nun exemplarisch Beispiele genannt, in denen die Existenz von bestimmten Dateien beschrieben wird. Befindet sich die virtuelle Maschine im angehaltenen Zustand, so existiert eine Datei mit der Endung .vmss, welche im ein- und ausgeschalteten Zustand nicht vorhanden ist. Ebenso verhält es sich bei einem Snapshot. Ein Snapshot ist der Status einer virtuellen Maschine zu einem bestimmten Zeitpunkt. Dabei wird

der virtuellen Maschine, am Erstellungszeitpunkt des Snapshot, die Schreibberechtigung auf die eigene virtuelle Festplatte (.vmdk - Datei) entzogen. Die Datei wird auf „read only“ gesetzt. Alle Schreiboperationen, welche die virtuelle Festplatte betreffen, werden stattdessen in eine Delta-Datei, der Snapshot-Datei, geschrieben. Liegt kein Snapshot vor, so existieren auch keine Snapshot-relevanten Dateien. Die Größe der vorhandenen Dateien hängt von der Konfiguration der virtuellen Maschine ab.

Zum Beispiel entspricht die Größe der Anhaltedatei „.vmss“ der Größe des konfigurierten Arbeitsspeichers der VM und die Größe der Auslagerungsdatei mit der Endung „.vswp“ entspricht der Größe des nicht reservierten Anteils des Arbeitsspeichers der VM. Vgl. (VMware 2015b, S. 48)

Damit trotz der verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten einer VM eine Dimensionierung ermöglicht werden kann, müssen die Eigenschaften des virtuellen Desktops zuvor festgelegt werden. Die Werte für die Anzahl der vCPUs, die Höhe des RAM oder der Größe der virtuellen Festplatte basieren einerseits auf den unterschiedlichen Usertypen („siehe: Tabelle 2“) und andererseits auf Erfahrungswerten oder Annahmen, wie bei der Größe der virtuellen Festplatte. Die Größe der virtuellen Festplatte hängt maßgeblich vom Betriebssystem und von der Art und der Anzahl der installierten Applikationen ab.

Für die VDI-Umgebung der Tirol Kliniken GmbH werden in folgender Tabelle die Eigenschaften der virtuellen Desktops dargestellt („siehe: Tabelle 6“):

Merkmal	Wert
Betriebssystem	Windows 7 32 Bit
Anzahl der virtuellen CPUs (vCPU)	2
Größe des Arbeitsspeichers (RAM)	2 GB oder 2048 MB
Größe der virtuellen Festplatte	50 GB oder 51200 MB

**Tabelle 6: Eigenschaften der virtuellen Desktops**

Als Betriebssystem wird im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH Windows 7 32 Bit gewählt, da dies auch auf den physischen Desktops der Anwender bereits verwendet wird und somit eine vertraute und bekannte Umgebung für die Nutzer darstellt. Die Werte für die Anzahl der vCPUs und der Größe des RAM wurden aus der Tabelle im Abschnitt 4.2.1 („siehe: Tabelle 5“) beim Usertyp „Knowledge worker“ entnommen, welcher den Nutzern der Tirol Kliniken GmbH am besten entspricht. Die Größe der virtuellen Festplatte wird mit 50 GB angenommen. Mit dieser Größe existieren bereits andere VMs in der Tirol Kliniken GmbH und dabei sind bereits gute Erfahrungen gemacht worden.

### 4.2.3 Auswahl eines physischen Servers

Bei der Dimensionierung einer VDI-Umgebung spielt auch die Hardware des Virtualisierungsservers eine Rolle. Erst nach der Festlegung auf eine bestimmte Hardware können weitere Annahmen und Berechnungen durchgeführt werden. Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH wird ein HP BL460c Gen9 als physischer Server, welcher als Host für die virtuellen Maschinen fungiert, verwendet. Dieser Blade-Server (siehe: Abschnitt 2.3.2.1) ist mit 256 GB Arbeitsspeicher und mit 2 CPUs vom Typ Intel Xeon E5-2670v3, welche je 12 Kerne pro CPU besitzen, ausgestattet. Um die benötigte Anzahl der Virtualisierungsserver berechnen zu können, werden die CPU- und Arbeitsspeicheranforderungen der VDI-Umgebung an den Server ermittelt.

#### 4.2.3.1 Ermittlung der CPU-Anforderungen

Es stellt sich die Frage, wie viele virtuelle Desktops auf einem physischen Server betrieben werden können.

Mit Hilfe der vorherigen Festlegung eines Servers lässt sich nun aus den Serverangaben die Anzahl der physischen Kerne pro physischem Server mit folgender Formel berechnen:

Anzahl der CPUs \* Anzahl der Kerne pro CPU = Anzahl der physischen Kerne pro physischem Server („siehe: Tabelle 7“)

Anzahl der CPUs pro physischem Server	Anzahl der Kerne pro CPU	Anzahl der Kerne pro physischem Server (pCPU)
2	12	24

**Tabelle 7: Anzahl der Kerne pro physischem Server**

Zudem wird die Anzahl der virtuellen CPUs pro Maschine benötigt. Diese wurde mit zwei je virtuelle Maschine festgelegt („siehe: Tabelle 6“). Dieser Wert wird aber nicht eins zu eins in die weitere Berechnung übernommen, da in virtuellen Umgebungen üblicherweise mehrere virtuelle CPUs (vCPU) pro physischem Kern (pCPU) betrieben werden, um den Vorteil einer höheren Dichte von virtuellen Maschinen/virtuellen Desktops zu erreichen.

Das Verhältnis von vCPU zu pCPU wird overcommit ratio genannt. Dieses Verhältnis hängt von den Anforderungen, welche an die virtuellen Maschinen gestellt werden, ab.

Bei geringen Anforderungen, zum Beispiel eine vCPU pro VM, können mehr virtuelle Maschinen pro pCPU betrieben werden als bei höheren Anforderungen (z.B.: 2 vCPUs/VM). Laut VMware kann eine overcommit ratio von 6 als Ausgangspunkt für eine konservative Berechnung angenommen werden. Vgl.(Schimscheimer 2013, S. 5)

Mit diesen Angaben wird nun die Anzahl der virtuellen Desktops, die pro physischem Server betrieben werden können, am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH berechnet.

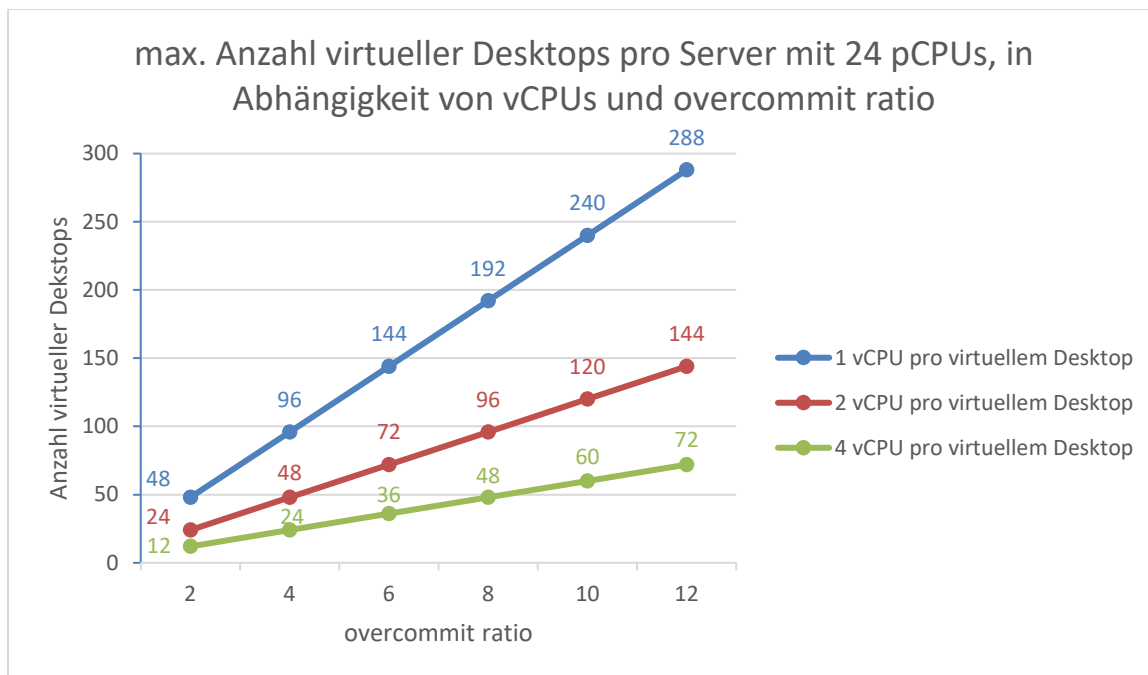
Anzahl vCPU / Anzahl pCPU \* overcommit ratio = Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit von der CPU ("siehe: Tabelle 8")

Anzahl der virtuellen CPUs pro virtueller Maschine (vCPU)	Anzahl der physischen Kerne pro physischem Server (pCPU)	pCPU / vCPUs pro virtuellem Desktop * overcommit ratio	Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit von der CPU
2	24 (2 CPU*12 Kerne)	24/2*6	72

**Tabelle 8: Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit von der CPU**

Wie in Tabelle 8 ersichtlich, kann man unter den oben genannten Bedingungen 72 virtuelle Desktops pro physischem Server betreiben.

In folgendem Diagramm ist die maximale Anzahl virtueller Desktops, die pro physischem Server mit 24 pCPUs betrieben werden können, in Abhängigkeit verschiedener vCPU Konfigurationen und unterschiedlicher overcommit ratio, dargestellt („siehe: Abbildung 14“):



**Abbildung 14: max. Anzahl virtueller Desktops pro Server mit 24 pCPUs, in Abhängigkeit von vCPUs und overcommit ratio**

#### 4.2.3.2 Ermittlung der Arbeitsspeichieranforderungen

Bei der Ermittlung der Arbeitsspeichieranforderung soll, laut einer Empfehlung von VMware, keine Überbuchung des vorhandenen physischen Arbeitsspeichers in einer VDI-Umgebung stattfinden. Zudem sollen noch ca. 25% des gesamten physischen Arbeitsspeichers für vSphere und Auslagerungs-Overhead abgezogen werden. Vgl. (Schimscheimer 2013, S. 6)

Auch die Grafikeinstellung der VM beeinflusst den Arbeitsspeicherbedarf eines virtuellen Desktop. Wird die softwaremäßige 3D-Darstellung aktiviert, so wird zwischen 64 MB und 512 MB physischer Arbeitsspeicher pro virtuellem Desktop zusätzlich verbraucht. Dieser Grafikarbeitspeicher wird auch als VRAM bezeichnet. Mit Hilfe dieser Informationen lässt sich die Anzahl der virtuellen Desktops, die auf dem physischen Server betrieben werden können, wie nachfolgend beschrieben, berechnen.

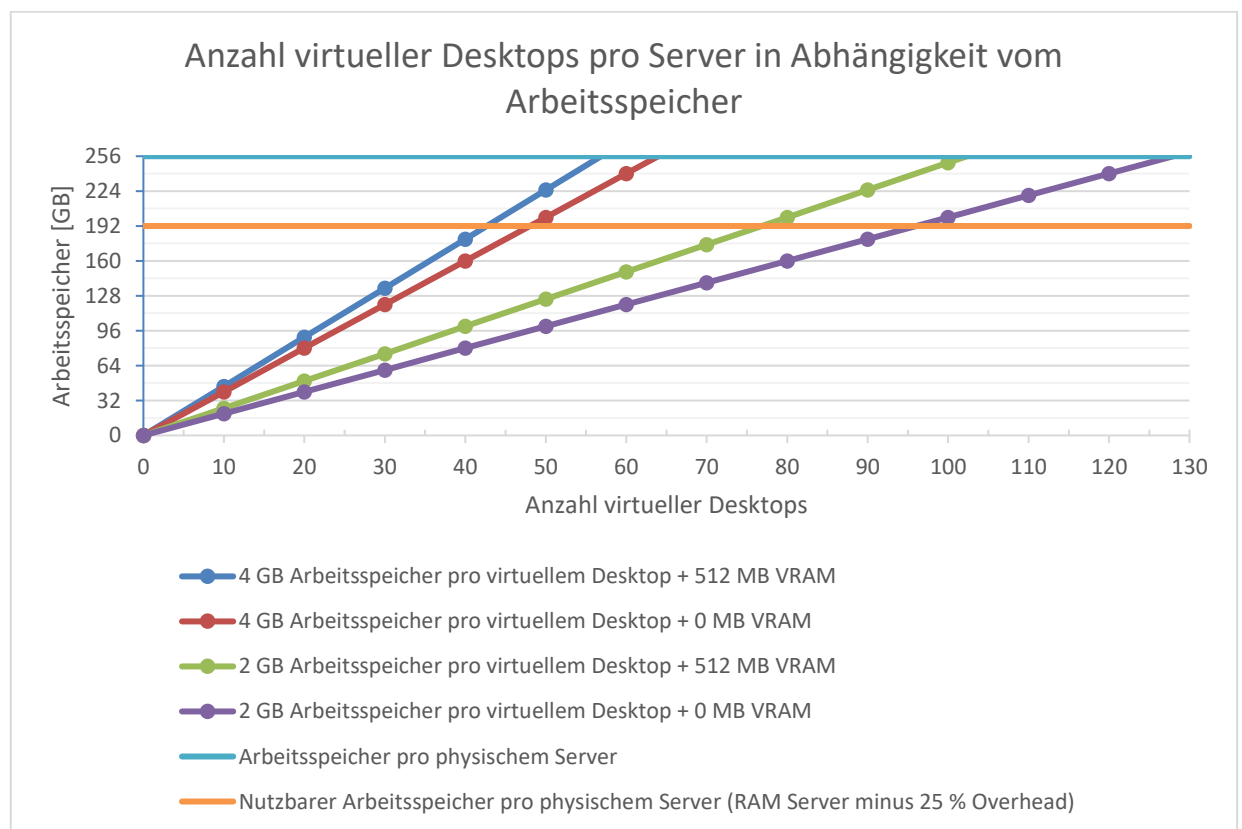
Höhe des Arbeitsspeicher pro physischem Server x 0,75 (da 25% für den Overhead abgezogen werden sollen) / (Höhe des Arbeitsspeicher pro virtuellem Desktop + Höhe des zugeweilten VRAM) = Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit vom RAM.

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH wird keine 3D-Darstellung für die virtuellen Desktops aktiviert und die Höhe des Arbeitsspeichers ist 2 GB pro VM, daher können laut Berechnung 96 virtuelle Desktops pro Server in Abhängigkeit vom RAM betrieben werden („siehe: Tabelle 9“).

Höhe des Arbeitsspeicher pro virtueller Desktop	Höhe des zugeteilten VRAM	Höhe des Arbeitsspeicher pro physischem Server	Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit vom RAM
2 GB	0 GB	256 GB	96

**Tabelle 9: Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit vom RAM**

In folgender Abbildung wird die Anzahl der virtuellen Desktops in Abhängigkeit von deren Arbeitsspeichergröße von 2 GB bzw. 4 GB RAM und minimaler bzw. maximaler VRAM Größe, die pro Virtualisierungsserver mit 256 GB RAM betrieben werden können, dargestellt („siehe: Abbildung 15“).



**Abbildung 15: Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit vom Arbeitsspeicher**

Wie in Abbildung 15 dargestellt, können 42 virtuelle Desktops mit jeweils 4GB RAM und 512 MB VRAM bzw. 76 mit je 2 GB RAM und ebenfalls 512 MB VRAM betrieben werden. Wird die 3D-Darstellung in den virtuellen Desktops deaktiviert, dann lassen sich 48 virtuelle Desktops mit 4GB RAM oder 96 mit 2 GB RAM pro Virtualisierungsserver ausführen.

#### 4.2.3.3 Anzahl der benötigten Virtualisierungsserver

Mittels den zuvor erhobenen Serveranforderungen der virtuellen Desktops („siehe: Tabelle 8 und Tabelle 9“) und dem gestellten Anforderungskriterium F („siehe: Tabelle 1“), lässt sich nun die Anzahl der benötigten Virtualisierungsserver für die Tirol Kliniken GmbH berechnen, wobei zur Berechnung die Anforderung, welche mehr Serverressourcen benötigt, verwendet wird. Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH sind dies die CPU-Anforderungen mit 72 virtuellen Desktops pro Virtualisierungsserver.

Mit folgender Formel lässt sich die Anzahl der benötigten Virtualisierungsserver für die Tirol Kliniken GmbH berechnen:

Anzahl der benötigter Virtualisierungsserver = Gesamtanzahl virtueller Desktops / Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit von der CPU („siehe: Tabelle 10“)

Gesamtanzahl virtueller Desktops - Kriterium F	Anzahl virtueller Desktops pro Server in Abhängigkeit von der CPU	Kriterium F / Anzahl virtueller Desktops pro Server	berechnete Anzahl Virtualisierungsserver
140	72	140/72	1,944444444

**Tabelle 10: Anzahl benötigter Virtualisierungsserver pro Rechenzentrum**

Das Ergebnis der Berechnung beträgt:  $1,9\overline{4}$ . Dies bedeutet, dass zum Betreiben von 140 virtuellen Desktops im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH mindestens zwei Virtualisierungsserver benötigt werden. Wird zudem in Betracht gezogen, dass die Tirol Kliniken GmbH zur Risikominimierung zwei standortgetrennte Rechenzentren betreibt, dann verdoppelt sich die Anzahl der Virtualisierungsserver auf vier („siehe: Tabelle 11“).



Anzahl Virtualisierungsserver pro Rechenzentrum	Anzahl Rechenzentren	benötigte Anzahl Virtualisierungsserver
2	2	4

**Tabelle 11: Anzahl benötigter Virtualisierungsserver für die Tirol Kliniken GmbH**

#### 4.2.4 Ermittlung der Storagekapazitätsanforderung

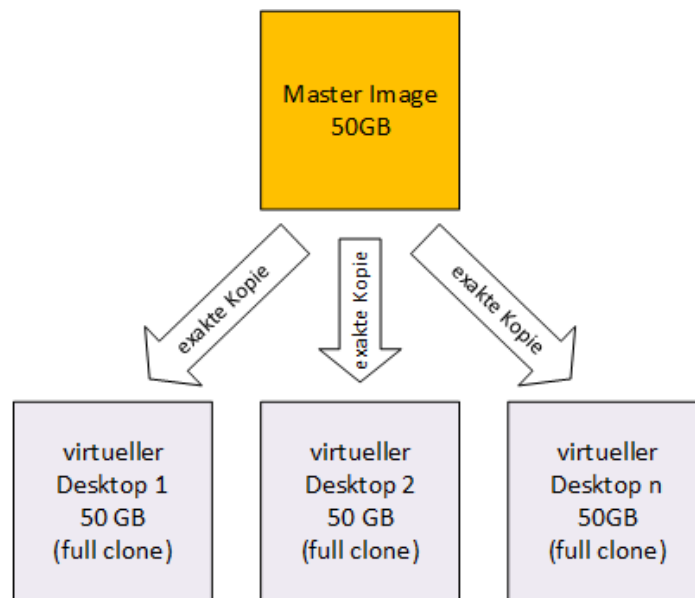
In diesem Kapitel wird die benötigte Größe, die von den virtuellen Desktops auf der Storage belegt wird, ermittelt. Diese ist von der Art, wie die virtuellen Desktops zur Verfügung gestellt werden, abhängig. Bei der Provisionierung kann eine der folgenden Möglichkeiten gewählt werden:

- Full clone
- Linked clone
- Linked clone with persistent disk

Die Auswahl, welche der oben genannten Techniken zum Einsatz gelangt, wird beim Anlegen eines Desktoppools bestimmt. Wird eine VM als Quelle eines Desktoppools verwendet, so wird diese in der Literatur häufig als Master Image oder Parent bezeichnet.

##### 4.2.4.1 Full clone

Ein full clone ist eine exakte und unabhängige Kopie des Master Image. Jeder full clone benötigt daher auch genau so viel Speicherplatz wie die ursprüngliche virtuelle Maschine („siehe: Abbildung 16“).

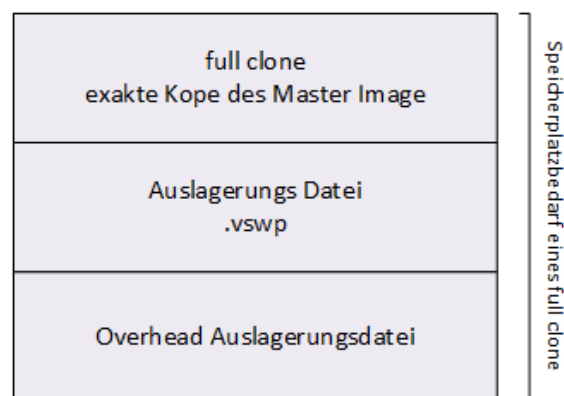


**Abbildung 16: full clone**

Durch folgende Formel kann der Speicherplatzbedarf eines full clone berechnet werden:

Größe des full clone + Größe der .vswp Datei + Größe der Overhead Auslagerungsdatei  
 Vgl.(Boyd 2015, S. 11)

Die Bestandteile eines full clone sind in folgender Abbildung dargestellt („siehe: Abbildung 17“):



**Abbildung 17: Bestandteile eines full clone**

Der Platzbedarf eines full clone im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH entspricht der Größe von 53548 MB („siehe: Tabelle 12“). Dabei ist zu beachten, dass die Größe der Auslagerungsdatei gleich groß wie der RAM der VM ist, da im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH keine RAM Reservierung bei der VM Konfiguration eingestellt ist („siehe: Abschnitt 4.2.2“). Die Größe der Overhead-Auslagerungsdatei wurde im Beispiel mit 300 MB angenommen.

Dieser Wert variiert, kann aber auch für große VMs mit meist weniger als 100 MB angenommen werden, selbst bei aktivierter 3D-Darstellung ist die Größe typischerweise kleiner als 300 MB. Vgl. (VMware 2015a, S. 26)

Größe der virtuellen Festplatte	Größe der Auslagerungsdatei der virtuellen Maschine <sup>1</sup>	Größe der Overhead Auslagerungsdatei	Speicherbedarf eines full clone
51200 MB	2048 MB	300 MB	53548 MB

<sup>1</sup>wenn keine Speicherreservierung erfolgt, dann ist die Auslagerungsdatei gleich groß wie der Arbeitsspeicher der virtuellen Maschine

**Tabelle 12: Speicherbedarf eines full clone**

In folgender Tabelle wird der Speicherplatzbedarf für 140 virtuelle Desktops mit einer virtuellen Festplattengröße von 50 GB und einem Arbeitsspeicher von 2 GB berechnet („siehe: Tabelle 13“):

Größe der virtuellen Festplatte	Anzahl der virtuellen Desktops	Summe des Speicherbedarfs der full clones
53548 MB	140	7496720 MB = 7,15 TB

**Tabelle 13: Summe des Speicherbedarfs aller full clones**

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH wird beim Einsatz von 140 full clones ein Speicher mit mindestens 7,15 TB benötigt.

#### **4.2.4.2 Linked clone**

Im Gegensatz zu full clones kann durch den Einsatz von linked clones Speicherplatz auf der Storage gespart werden.

Die Reduktion des Speicherbedarfs eines linked clones kann mit 50 Prozent gegenüber der Größe der Replica angenommen werden. Vgl. (Boyd 2015, S. 8)

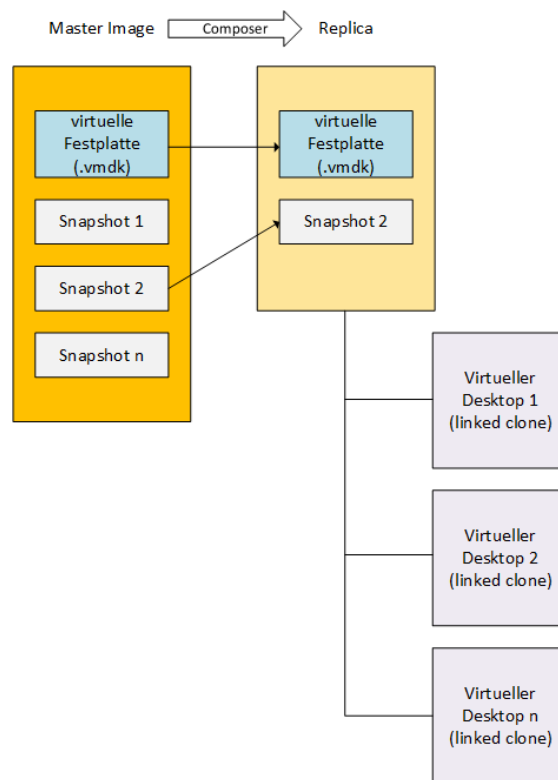
Damit kann im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH die benötigte Kapazität der Storage mit dem Einsatz von linked clones um 50 Prozent gegenüber den Speicherbedarf bei Verwendung von full clones gesenkt werden und ergibt somit 3,57 TB („siehe: Tabelle 14“):

Summe des Speicherbedarfs der full clones	Angenommene Reduktion durch linked clones	Angenommene Summe des Speicherbedarfs der linked clones
7496720 MB	50%	3748360 MB = 3,57 TB

**Tabelle 14: Angenommene Summe des Speicherbedarfs aller linked clones**

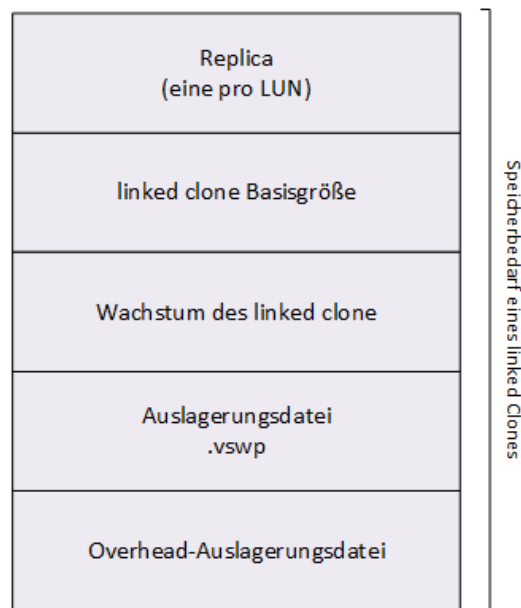
Diese angenommene Speicherkapazität wird im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH in Form von vier mal 1 TB großen LUNs zur Verfügung gestellt. LUNs sind ein oder mehrere Teilstücke eines Storage systems, welche dem Virtualisierungsserver zur Nutzung präsentiert werden.

In folgender Grafik ist die Arbeitsweise der linked clone-Technik dargestellt („siehe: Abbildung 18“):

**Abbildung 18: linked clone-Technik**

Wird ein Desktoppool auf Grundlage von linked clones erstellt, so erzeugt die VMware-Komponente View Composer zuerst ein Replica. Ein Replica setzt sich aus der nur lesbaren virtuellen Festplatte und einem ausgewählten Snapshot des Master Images zusammen. Die virtuellen Desktops basieren auf der nur lesbaren Replica und speichern ihre Änderungen gegenüber dem Replica in einer Delta-Datei ab. Da mehrere virtuelle Desktops auf eine Replica zugreifen und selbst nur die Differenz von dieser auf der Storage ablegen, benötigen die linked clone-Desktops weniger Speicherplatz als die der full clones. Damit die Delta-Datei nicht zu sehr wächst, kann mit Hilfe einer eingebauten Funktion die Datei zurückgesetzt werden. Dabei gehen alle geänderten Dateien gegenüber der ursprünglichen Replica verloren. Verbindet sich ein Benutzer erneut mit einer zurückgesetzten VM, dann erhält dieser einen „frischen“ virtuellen Desktop, der der originalen Replica entspricht. Auch bei der Neuverteilung eines neuen Masterimage im Desktoppool gehen alle Daten auf den virtuellen Desktops, die von den Benutzern geändert wurden, verloren.

Ein linked clone setzt sich aus folgenden Teilen zusammen („siehe: Abbildung 19“):



**Abbildung 19: Bestandteile eines linked clone**

Der Speicherbedarf eines linked clone-Pools lässt sich mit nachfolgender Formel abschätzen:

Größe der Replica per LUN + Anfangsgröße des linked clones + geschätztes Wachstum des linked clones + Größe der .vswp Datei + Größe der Overhead-Auslagerungsdatei.

Werden beim Anlegen eines Desktoppools mehrere LUNs ausgewählt, dann wird pro LUN automatisch ein Replica angelegt. Dabei entspricht die Größe der Replica der Größe des Master Image. Die Anfangsgröße des linked clones entspricht der Windows-Auslagerungsdatei. Diese Datei kann eine Größe von bis zu 150% der Größe des Arbeitsspeichers erreichen. Das geschätzte Wachstum kann mit ca. 20% angenommen werden. Vgl. (Boyd 2015, S. 11)

In folgender Tabelle ist nur der Speicherbedarf eines linked clones, also ohne der Größe der Replica für das Beispiel der Tirol Kliniken GmbH dargestellt („siehe: Tabelle 15“):

Anfangsgröße des linked clones <sup>1</sup>	geschätztes Wachstum des linked clones <sup>2</sup>	Größe der Auslagerungsdatei der virtuellen Maschine <sup>3</sup>	Größe der Overhead Auslagerungsdatei <sup>4</sup>	Speicherbedarf eines linked clones
3072 MB	615 MB	2048 MB	300 MB	6035 MB

<sup>1</sup>Annahme: 150% der Größe des Arbeitsspeichers der virtuellen Maschine

<sup>2</sup>Annahme: 20% der linked clone Anfangsgröße

<sup>3</sup>wenn keine Speicherreservierung erfolgt, dann ist die Auslagerungsdatei gleich groß wie der Arbeitsspeicher der virtuellen Maschine

<sup>4</sup>Annahme

**Tabelle 15: Speicherbedarf eines linked clones**

Wie in der vorherigen Tabelle („siehe: Tabelle 15“) ersichtlich ist, beträgt im Fall der Tirol Kliniken GmbH die Größe eines linked clones 6035 MB.

Die vier Pools mit dynamischer Zuweisung zu je 5 VMs werden im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH mit linked clones ohne persistent disk den Benutzern zur Verfügung gestellt.

Der Speicherbedarf eines linked clone-Pools mit 5 VMs und vier zugeordneten LUNs für das Beispiel der Tirol Kliniken GmbH kann wie folgt berechnet werden („siehe: Tabelle 16“):

Größe der Replica per LUN <sup>1</sup>	Anzahl der LUNs	Anzahl der VMs pro Pool	Speicherbedarf eines linked clones	Berechnung	Speicherbedarf eines linked clone-Pools
51200 MB	4	5	6035 MB	$51200 \times 4 + 5 \times 6035$	234975 MB

<sup>1</sup>Entspricht der Größe des Master Image

**Tabelle 16: Speicherbedarf eines linked clone-Pools mit 5 VMs und vier LUNs**

Die Gesamtgröße des Speicherbedarfs aller linked clone-Pools ergibt sich durch die Multiplikation mit der Poolanzahl („siehe: Tabelle 17“):

Anzahl der Pools	Speicherbedarf eines linked clone-Pools	Gesamtspeicherbedarf aller linked clone-Pools
4	234975 MB	0,9 TB

**Tabelle 17: Gesamtspeicherbedarf aller linked clone-Pools**

Der Speicherbedarf im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH für 20 virtuelle Desktops ohne persistent disk, die in vier Pools mit vier zugewiesenen LUNs zu je 5 VMs aufgeteilt sind, ergibt einen Wert von 0,9 TB.

#### 4.2.4.3 *Linked clone with persistent disk*

Ist es erforderlich, dass die Daten der Benutzer auch nach dem Zurücksetzen der Delta-Datei erhalten bleiben, dann kann dazu ein Desktoppool mit einem sogenannten „linked clone with persistent disk“ verwendet werden. Hierbei wird vom Composerdienst beim Anlegen eines Desktoppools eine zusätzliche .vmdk Datei für jeden virtuellen Desktop zur Speicherung der Benutzerdaten angelegt.

Um den Speicherplatz eines linked clones with persistent disk zu ermitteln, muss die Formel zur Berechnung des Speicherplatzbedarfs eines linked clones („siehe: Abschnitt 4.2.4.2“) um die Größe der persistenten Festplatte erweitert werden. Daher lautet die erweiterte Formel für einen linked clone with persistent disk:

Größe der Replica per LUN + Größe des linked clones + geschätztes Wachstum des linked clones + Größe der .vswp Datei + Größe der Overhead-Auslagerungsdatei + Größe der persistent disk

In folgender Tabelle ist der Speicherbedarf eines linked clones with persistent disk ohne der Größe der Replica für das Beispiel der Tirol Kliniken GmbH dargestellt („siehe: Tabelle 18“):

Anfangsgröße des linked clones <sup>1</sup>	geschätztes Wachstum des linked clones <sup>2</sup>	Größe der Auslagerungsdatei der virtuellen Maschine <sup>3</sup>	Größe der Overhead-Auslagerungsdatei <sup>4</sup>	Größe der persistent disk <sup>5</sup>	Speicherbedarf eines linked clones with persistent disk
3072 MB	615 MB	2048 MB	300 MB	2048 MB	8083 MB

<sup>1</sup>Annahme: 150% der Größe des Arbeitsspeichers der virtuellen Maschine

<sup>2</sup>Annahme: 20% der linked clone-Größe

<sup>3</sup>wenn keine Speicherreservierung erfolgt, dann ist die Auslagerungsdatei gleich groß wie der Arbeitsspeicher der virtuellen Maschine

<sup>4</sup>Annahme

<sup>5</sup>Festgelegt beim Erzeugen des Desktoppool

**Tabelle 18: Speicherbedarf eines linked clone with persistent disk**

Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH steigt der Speicherbedarf von einem linked clone with persistent disk daher auf eine Größe von 8083 MB.



Die zwei Pools mit dezidiert Zuweisung mit je 60 VMs werden mit linked clones with persistent disk den Benutzern der Tirol Kliniken GmbH zur Verfügung gestellt, damit die benötigte dauerhafte Datenspeicherung ermöglicht wird.

In diesem Fall sieht die Berechnung der benötigten Speicherkapazität für einen Pool wie folgt aus („siehe: Tabelle 19“):

Größe der Replica per LUN <sup>1</sup>	Anzahl der LUNs	Anzahl der VMs pro Pool	Speicherbedarf eines linked clones with persistent disk	Berechnung	Speicherbedarf eines linked clone with persistent disk-Pools
51200 MB	4	60	8083 MB	$51200 \times 4 + 60 \times 8083$	689780 MB

<sup>1</sup>Entspricht der Größe des Master Image

**Tabelle 19: Speicherbedarf eines linked clone with persistent disk-Pools mit 60 VMs und vier zugeordneten LUNs**

Der gesamte benötigte Speicherplatz für beide Pools wird in folgender Tabelle dargestellt („siehe: Tabelle 20“):

Anzahl der Pools	Speicherbedarf eines linked clone with persistent disk-Pools	Gesamtspeicherbedarf aller linked clones with persistent disk-Pools
2	689780 MB	1,32 TB

**Tabelle 20: Gesamtspeicherbedarf aller linked clones with persistent disk-Pools**

Die Gesamtgröße im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH für 120 virtuelle Desktops, die in zwei Pools mit vier zugewiesenen LUNs zu je 60 VMs aufgeteilt sind, ergibt einen Wert von 1,32 TB.

#### 4.2.4.4 Benötigte Storage Kapazität

Durch Addition des Gesamtspeicherbedarfs aller linked clone-Pools und des Gesamtspeicherbedarfs aller linked clones with persistent disk-Pools lässt sich die insgesamt benötigte Storage Kapazität für die Pools ermitteln („siehe: Tabelle 21“):

Gesamtspeicherbedarfs aller linked clone-Pools	Gesamtspeicherbedarfs aller linked clone with persistent disk-Pools	Gesamtspeicherbedarf aller Pools
0,9 TB	1,32 TB	2,22 TB

**Tabelle 21: Gesamtspeicherbedarf aller Pools**

Der ermittelte Gesamtspeicherbedarf aller sechs Pools im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH beträgt 2,22 TB. Dieser ermittelte Betrag weicht doch recht deutlich von der angenommenen Summe des Speicherbedarfs aller linked clones („siehe: Tabelle 14“) ab. Trotzdem werden in der folgenden prototypischen Installation die benötigten Storageressourcen, wie vorhin angenommen, mit vier mal 1 TB großen LUNs zur Verfügung gestellt, da einerseits im Unternehmen genügend Speicherkapazität vorhanden ist und andererseits im Bedarfsfall die Storageressourcen mit geringem Aufwand reduziert werden können. Zudem wird der überschüssige Speicherplatz für das zukünftige Wachstum verwendet.

Zum Gesamtspeicherbedarf aller Pools kommt noch der Speicherbedarf der VMs, die als Master Image dienen, hinzu. Wie bereits erwähnt („siehe: 4.1.2“) werden für die sechs Pools vier unterschiedliche VMs als Master Image verwendet. Jede dieser VM hat eine Größe von 53548 MB („siehe: Tabelle 12“). Dadurch erhöht sich der Speicherbedarf aller Pools inklusive Master Images auf 2,24 TB („siehe: Tabelle 22“):

Gesamtspeicherbedarf aller Pools	Anzahl Master VMs	Größe einer Master VM	Gesamtspeicherbedarf
2,22 TB = 2273,28 GB	4	53548 MB = 5,23 GB	2294,2 GB = 2,24 TB

**Tabelle 22: Speicherbedarf aller Pool inklusive Master Images**



## 5.1 Installation der ESXi Virtualisierungsserver

Als erstes werden die vier benötigten Virtualisierungsserver vorbereitet. Dazu werden zwei der Server im Rechenzentrum 1 und zwei im Rechenzentrum 2 der Tirol Kliniken GmbH verortet. Bei der eingesetzten Serverbauform handelt es sich um Bladeserver (siehe: Abschnitt 4.2.3), aus diesem Grund müssen die Server nur in einen freien Einschub (Slot) des bereits vorhandenen Bladegehäuses gesteckt werden, ohne die einzelnen Server zu verkabeln.

Anschließend folgt die Installation des Hypervisor VMware ESXi auf jedem der vier Bladeserver.

## 5.2 Bereitstellen der virtuellen Server

Hier werden die benötigten vier virtuellen Server in der bestehenden virtuellen Infrastruktur der Tirol Kliniken GmbH mit folgenden Namen hergestellt:

- vCenter Server - srvvdivc01
- Connection Server 1 - srvvdicon3
- Connection Server 2 - srvvdicon4
- Security Server - srvvdisec1

Dazu wird jeder der vier virtuellen Server basierend auf einem Template mit Windows Server 2012R2 erzeugt. Anschließend werden die Eigenschaften der VMs eingestellt („siehe: Abschnitt 4.1.3“). Als nächstes werden die Server konfiguriert zur Domäne hinzugefügt. Zuletzt werden die Windows Updates installiert, die Server zum vorhandenen Überwachungssystem hinzugefügt und ein tägliches Backup wird eingerichtet.

## 5.3 vCenter Installation

Der vCenter Server benötigt eine Datenbank. Aus diesem Grund muss diese vor der eigentlichen vCenter Installation bereitgestellt werden.

Der Autor hat sich für einen Microsoft SQL 2014 Datenbankserver zum Betreiben der von vCenter unterstützten Datenbank entschieden, da dieser im Unternehmen bereits eingesetzt wird und daher ein gewisses Knowhow vorhanden ist. Der Datenbankserver wird auf dem vCenter Server implementiert.

Auf diesem SQL Server werden neben der vCenter Datenbank die Update Manager Datenbank, die Composerdatenbank und die Ereignisdatenbank eingerichtet. Die Update Manager Datenbank dient dem vSphere Update Manager, welcher im Setup vom vCenter Server enthalten ist. Dieses Programm wird zur Patch- und Versionsverwaltung der ESXi Virtualisierungsserver und der virtuellen Maschinen benötigt. Die Composerdatenbank dient dem Composerdienst. Dieser wird beim Einsatz von linked clones benötigt. In der Ereignisdatenbank werden die Ereignisse der Horizon View-Umgebung gespeichert.

Nachdem die Installationsvoraussetzungen mit dem Einrichten der Datenbanken erfüllt sind, wird jetzt der vCenter Server und der vSphere Update Manager installiert.

Im nächsten Schritt werden die zuvor installierten Virtualisierungsserver im vCenter als Cluster hinzugefügt. Dadurch sind die ESXi Hosts nun vom vCenter aus verwaltbar.

## **5.4 Einbinden der Storageressourcen**

Die benötigte Storagekapazität von 4 TB in Form von vier LUNs wird den vier Virtualisierungsserver mit Hilfe von SAN Zoning und anschließender Präsentation über die vorhandene Storagevirtualisierung zur Verfügung gestellt.

## **5.5 Installation der VDI-Software**

Mit dem Abschluss der vorherigen Schritte kann jetzt die eigentliche VDI-Software installiert werden. Dies geschieht in folgender Reihenfolge:

1. Composerdienst
2. Connection Server 1
3. Connection Server 2
4. Security Server
5. Konfigurieren von Horizon 6

**Composerdienst:** Durch die Implementation des Composerdiensts am vCenter Server wird der Einsatz von linked clones ermöglicht.

**Connection Server 1:** Ein einzelner Connection Server oder ein Connection Server, der als erste Instanz einer replizierten Connection Servergruppe installiert wird, muss mit der Installationsoption Standardserver implementiert werden. Bei diesem Installationspunkt wird auch der HTML-Zugriff aktiviert. Durch die Option Standardserver wird eine lokale View LDAP Konfiguration erzeugt. Die View LDAP Konfiguration wird auch als ADAM (Active Directory Application Mode)-Datenbank bezeichnet. Diese Datenbank wird verschlüsselt gesichert, daher muss bei der Installation ein Kennwort für die Datenwiederherstellung angegeben werden. Die meisten der LDAP Konfigurationsdaten können mit Hilfe des View Administrator verwaltet werden. Somit kann auch das hier vergebene Kennwort später noch geändert werden. Nach Abschluss der Installation des ersten Connection Server kann das Verwaltungstool VMware Horizon 6 View Administrator über einen Webbrowser mit installiertem Flash Plugin unter der URL: <https://FQDN des Connection Server 1/admin> aufgerufen werden.

**Connection Server 2:** Zusätzliche Connection Server werden als Replikatserver installiert. Diese Installationsoption wird zusammen mit dem HTML-Zugriff ausgewählt. Diese replizierte Instanz bekommt die View LDAP Konfigurationsdaten vom vorhandenen Connection Server 1 kopiert, weshalb der FQDN des Connection Server1 beim Setup eingetragen werden muss. Nach der Installation sind die beiden Connection Server identisch.

**Security Server:** Der Security Server wird in der DMZ installiert und bildet ein Paar mit einem Connection Server, im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH mit dem Connection Server1. Damit diese Verbindung zwischen den beiden Servern gemacht werden kann, muss vor der Installation des Security Servers ein Kennwort für die Kombination angegeben werden. Dieser Vorgang ist im VMware Horizon 6 View Administrator unter dem Punkt *Server – Verbindungsserver – Connection Server 1 – Weitere Befehle* auszuführen. Erst jetzt kann das Setup gestartet werden. Es wird die Installationsoption Horizon 6-Sicherheitsserver ausgewählt. Anschließend wird der zu verbindende FQDN des Connection Server1 eingetragen und mit dem zuvor angegebenen Kennwort kombiniert.

## 5.6 Konfigurieren von Horizon 6

Bei der Konfiguration ist der AD-Benutzer mit den Berechtigungen und Rollen wie in Abschnitt 4 beschrieben erforderlich. Zudem werden die Verbindungsdaten zur Ereignisdatenbank und der Horizon Lizenz-Seriennummer benötigt.

Nach der Anmeldung am VMware Horizon 6 View Administrator werden folgende Schritte unter dem Punkt View-Konfiguration durchgeführt:

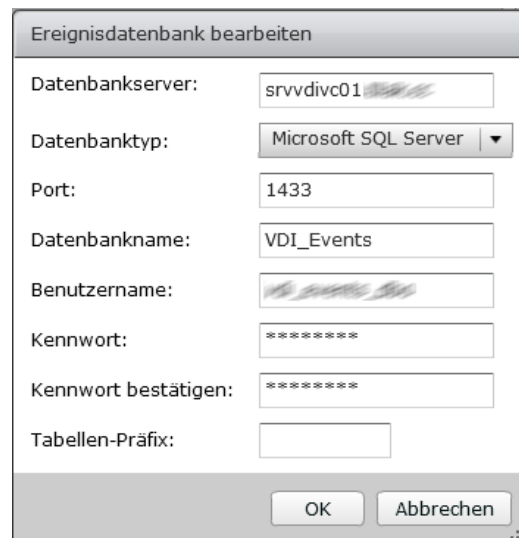
1. Lizenz-Seriennummer eingeben unter Produktlizenzierung und -verwendung
2. vCenter Server hinzufügen unter Server – vCenter Server
3. Ereignisdatenbank hinzufügen unter Ereigniskonfiguration
4. Einrichten der 2-Faktor-Authentifizierung

Nach der Eingabe der Lizenz-Seriennummer wird der vCenter Server hinzugefügt. Bei den Composer-Einstellungen wird *der Composer wurde zusammen mit vCenter Server installiert* ausgewählt. In weiterer Folge wird der AD-Benutzer einmal für die vCenter Server Verbindung und ein zweites Mal zur Nutzung von Composer mit dem dazugehörigen Kennwort eingegeben. Die anderen Einstellungen wurden wie vorgegeben belassen. In folgender Abbildung sind die Einstellungen beim Hinzufügen des vCenter Servers zu sehen („siehe: Abbildung 21“):

vCenter Server hinzufügen		
<b>vCenter Server hinzufügen</b> <a href="#">VC-Informationen</a> <a href="#">View Composer</a> <a href="#">View Composer-Domänen</a> <a href="#">Speicher</a> <b>Bereit zum Abschließen</b>	<b>Bereit zum Abschließen</b>	
	vCenter Server	srvvdivc01
	Benutzername	
	Kennwort	*****
	Beschreibung	
	Server-Port	443
	Max. Bereitstellung	20
	Max. Leistung	50
	Max. View Composer-Vorgänge	12
	Max. View Composer-Bereitstellung	8
	View Composer-Status	View Composer wurde zusammen mit vCenter Server installiert
	View Composer-Adresse	srvvdivc01
	View Composer-Kennwort	*****
	View Composer-Benutzername	
	View Composer-Port	18443
	View-Speicherbeschleunigung aktivieren	Ja
	Standard-Hostzwischenpeichergröße:	1024
	Zurückgewinnung von VM-Datenträgerplatz	Ja
<div style="text-align: right;"> <span>&lt; Zurück</span> <span>Fertig stellen</span> <span>Abbrechen</span> </div>		

**Abbildung 21: Einstellungen beim Hinzufügen des vCenter Servers**

Das Hinzufügen der Ereignisdatenbank erfordert die Eingabe der Verbindungsdaten zur angelegten Ereignisdatenbank am vCenter Server („siehe: Abbildung 22“):



The image shows a dialog box titled "Ereignisdatenbank bearbeiten". It contains several input fields and a dropdown menu. The fields are: "Datenbankserver:" with the value "srvvdivc01", "Datenbanktyp:" with a dropdown menu showing "Microsoft SQL Server", "Port:" with the value "1433", "Datenbankname:" with the value "VDI\_Events", "Benutzername:" with a masked value, "Kennwort:" with a masked value, "Kennwort bestätigen:" with a masked value, and "Tabellen-Präfix:" which is empty. At the bottom right, there are two buttons: "OK" and "Abbrechen".

**Abbildung 22: Hinzufügen der Ereignisdatenbank**

Die Konfiguration für den Einsatz einer 2-Faktor-Authentifizierung erfolgt für einen Connection Server. Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH ist dies der Connection Server 1. Unter dem Punkt *Server – Sicherheitsserver – bearbeiten – Authentifizierung* kann entweder RADIUS) oder RSA SecurID als Authentifizierungsdienst ausgewählt werden. Anschließend ist es erforderlich, die Verbindungsdaten zum Authentifizierungsserver anzugeben.

In folgender Abbildung ist die Konfigurationsmaske für einen RADIUS-Authentifikator ersichtlich („siehe: Abbildung 23“):



RADIUS-Authentifikator hinzufügen

Für alle Verbindungsserver in dieser View-Umgebung ist ein RADIUS-Authentifikator verfügbar.

Bezeichnung:  Geben Sie eine Bezeichnung ein, die den Clients vorgelegt wird

Beschreibung:

**Primärer Authentifizierungsserver**

Hostname/Adresse:

Authentifizierungsport:  Kontoführungsport:

Authentifizierungstyp:

Gemeinsamer geheimer Schlüssel:

Servertimeout:  Sekunden

Max. Versuche:

Bereichspräfix:

Bereichssuffix:

Abbildung 23: Konfigurationsmaske für einen RADIUS-Authentifikator

## 5.7 Erstellen der Master Image VMs

Bevor die Desktoppools angelegt werden können, müssen die dazu notwendigen Master Image VMs mit dem benötigten Betriebssystem und allen notwendigen Programmen, die die Basis der linked clones darstellen, in der VDI-Umgebung erstellt werden. Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH werden für die sechs Desktoppools vier verschiedene Master Image VMs erzeugt, damit die unterschiedlichen Bedürfnisse der Nutzer erfüllt werden können. Zusätzlich muss bei allen vier Master Image VMs ein Snapshot gespeichert werden, der beim Anlegen der linked clone-Desktoppools benötigt wird. Vor dem Erstellen des Snapshot muss die Master Image VM heruntergefahren werden.

## 5.8 Anlegen der Desktoppools

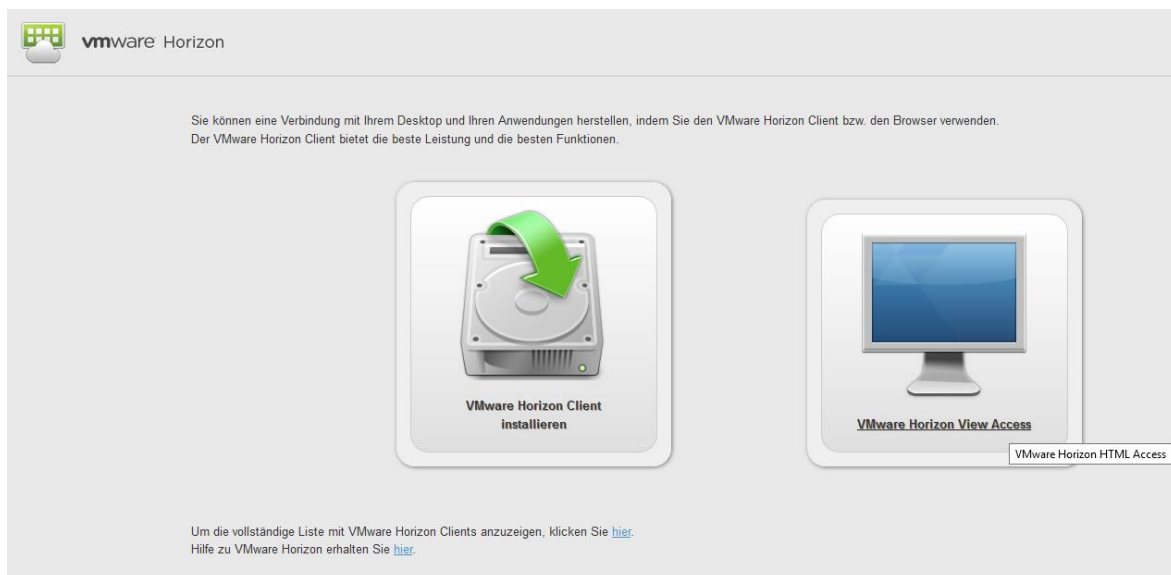
Jetzt können die benötigten Desktoppools angelegt werden. Beim Erstellen eines Pools werden zuerst die Attribute des Pools festgelegt. Dabei wird entschieden, welcher Pooltyp

zum Einsatz kommt. Für einen linked clone muss der automatisierte Desktoppool verwendet werden. In den nächsten Schritten wird die Benutzerzuweisung, dynamisch oder gezielt, und die Verwendung des Composerdiensts zur Nutzung von linked clones definiert. Diese Attribute können nach der Erstellung nicht mehr geändert werden. Im Anschluss daran werden die Einstellungen des Pools festgelegt, welche auch noch nach der Erstellung angepasst werden können. Nach dem Erstellen des Pools werden die virtuellen Desktops wie im Pool definiert bereitgestellt. Im letzten Schritt werden noch die Zugriffsberechtigungen der Benutzer für jeden Pool eingestellt.

## 5.9 Funktionaler Test

Nach abgeschlossener Installation wird die Funktionalität der VDI-Umgebung überprüft. Dazu wird sowohl der Zugriff auf die virtuellen Desktops von außerhalb und von innerhalb des Netzwerkes der Tirol Kliniken GmbH als auch der Zugriff über den Webbrowser mittels HTML5 getestet.

In den folgenden vier Abbildungen ist der externe Verbindungsaufbau mittels Webbrowser bis hin zur Desktoppoolauswahl ersichtlich („siehe: Abbildung 24, Abbildung 25, Abbildung 26, Abbildung 27“):



**Abbildung 24: VMware Horizon Webportal für Benutzer**

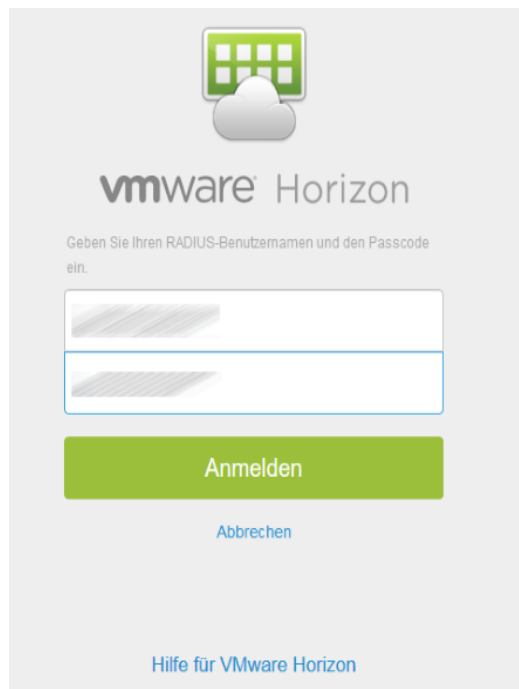


Abbildung 25: RADIUS-Authentifizierung

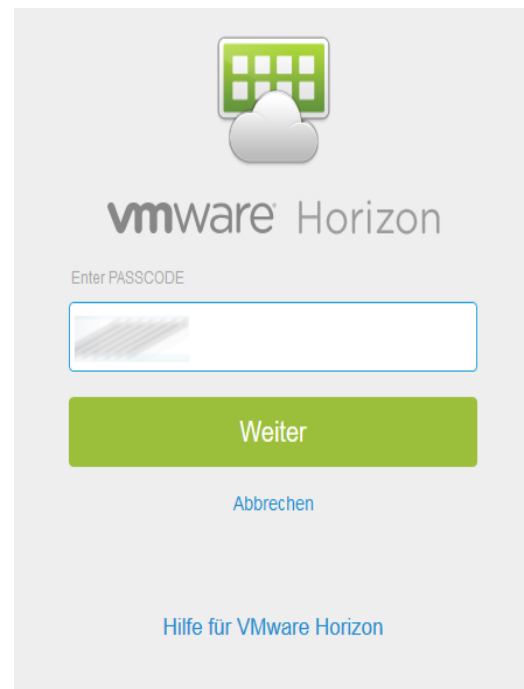


Abbildung 26: 2-Faktor OTP Eingabemaske

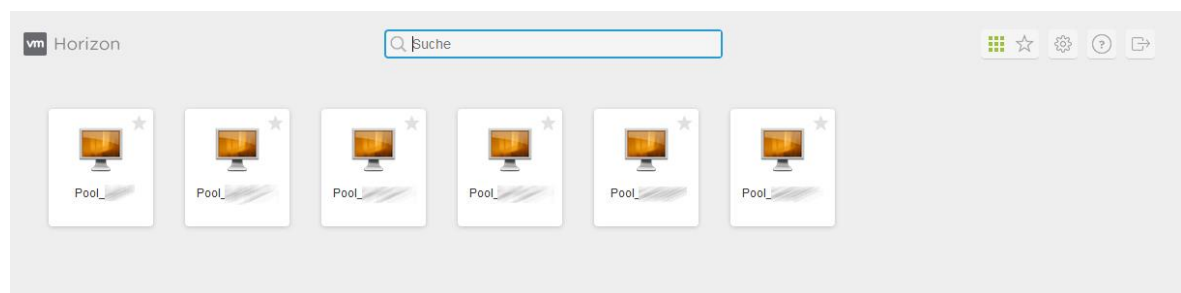


Abbildung 27: VMware Horizon Desktoppoolauswahl

Beim Verbindungsaufbau mittels des Webbrowsers über die URL des VMware Horizon Webportal für die Benutzer wird der HTML5 Web Access ausgewählt. Anschließend kommt es zu einer Benutzerauthentifizierung durch den RADIUS Server. Bei erlaubtem Zugriff und korrekter Eingabe der Anmeldedaten erhält der Benutzer ein SMS auf sein Mobiltelefon. Das als zweiter Authentifizierungsfaktor nötige OTP aus der SMS muss in der nächsten Eingabemaske eingetippt werden. Stimmt auch dieses, gelangt der Benutzer zur Desktoppoolauswahl.



## **6 Überprüfung des benötigten Ressourcenbedarfs des Virtual Desktop Infrastruktur Konzeptes im Betrieb**

In diesem Abschnitt werden Teile des benötigten Ressourcenbedarfs des VDI-Konzeptes überprüft.

Bei der Datenerhebung für die vCPU- und RAM-Auslastung werden die VMware Performance Counter herangezogen. Bei der Überprüfung des Speicherplatzbedarfs wird eine andere Vorgehensweise gewählt („siehe: Abschnitt 6.3“).

### **6.1 Performancedaten und Performance Counter**

In einer VMware vSphere-Umgebung werden Performancedaten von physischen und virtuellen Komponenten generiert und gespeichert. Dabei sammeln die ESXi Server Echtzeitdaten in einem 20-Sekunden Intervall und speichern diese in der vCenter Datenbank. vCenter Server speichert zudem auch eine Historie dieser Echtzeitdaten in bestimmten Intervallen. Vgl. (VMware 2015d, S. 196)

Mit dem Erfassungsintervall wird der Zeitraum angegeben, in denen die Echtzeitdaten zusammengefasst und gespeichert werden. Bei einem Intervall von einem Tag werden die Echtzeitdaten zusammengefasst, um alle fünf Minuten einen Datenpunkt zu erzeugen. Das sind dann 12 Datenpunkte pro Stunde und 288 pro Tag. Nach 30 Minuten werden sechs Datenpunkte zu einem Datenpunkt für eine Woche zusammengefasst. Die Wochendaten werden alle 2 Stunden zusammengefasst und ergeben 12 Datenpunkte pro Tag bzw. 360 pro Monat. Diese 12 Datenpunkte pro Tag werden nach 24 Stunden als Datenpunkt für ein Jahr zusammengefasst. Somit ergeben sich 365 Datenpunkt pro Jahr. Vgl. (VMware 2017b, S. 13)

Es existieren verschiedene Performance Counters für unterschiedliche Systemressourcen. Eine vollständige Liste der unterschiedlichen VMware Performance Counters ist unter der folgenden URL ersichtlich: <http://pubs.vmware.com/vsphere-60/topic/com.vmware.wssdk.apiref.doc/vim.PerformanceManager.html>

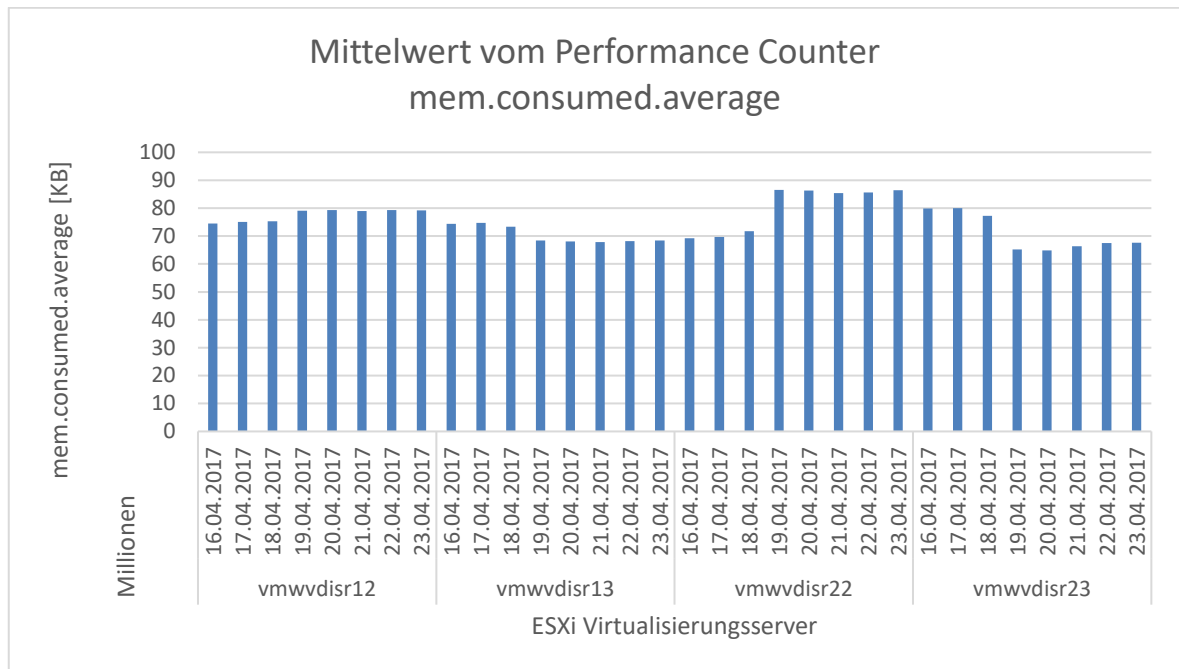
Die Daten, die hier im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH verwendet werden, stammen aus einem Tool, das eine Eigenentwicklung der Tirol Klinken GmbH darstellt. Die Daten sind

die Echtzeitdaten im Intervall von 20 Sekunden der Counter von VMware. Im Unterschied zu VMware werden mit diesem Tool auch bei einem längeren Zeitraum die Daten nicht zusammengefasst, sondern es wird immer mit den 20-sekündigen Echtzeit-Performance-daten gearbeitet.

## **6.2 Auslastung der VMware ESXi Virtualisierungsserver**

Um die Arbeitsspeicherauslastung der VMware ESXi Virtualisierungsserver zu sehen, wird im Beispiel der Performance Counter `mem.consumed.average` verwendet. Dieser Performance Counter gibt die Menge des Arbeitsspeichers, die von allen Virtualisierungsservern verwendet wird, in der Einheit Kilobyte an.

In folgender Grafik ist der Mittelwert des Performance Counter `mem.consumed.average` pro Tag für die vier Virtualisierungsserver über einen Messzeitraum von einer Woche dargestellt („siehe: Abbildung 28“):



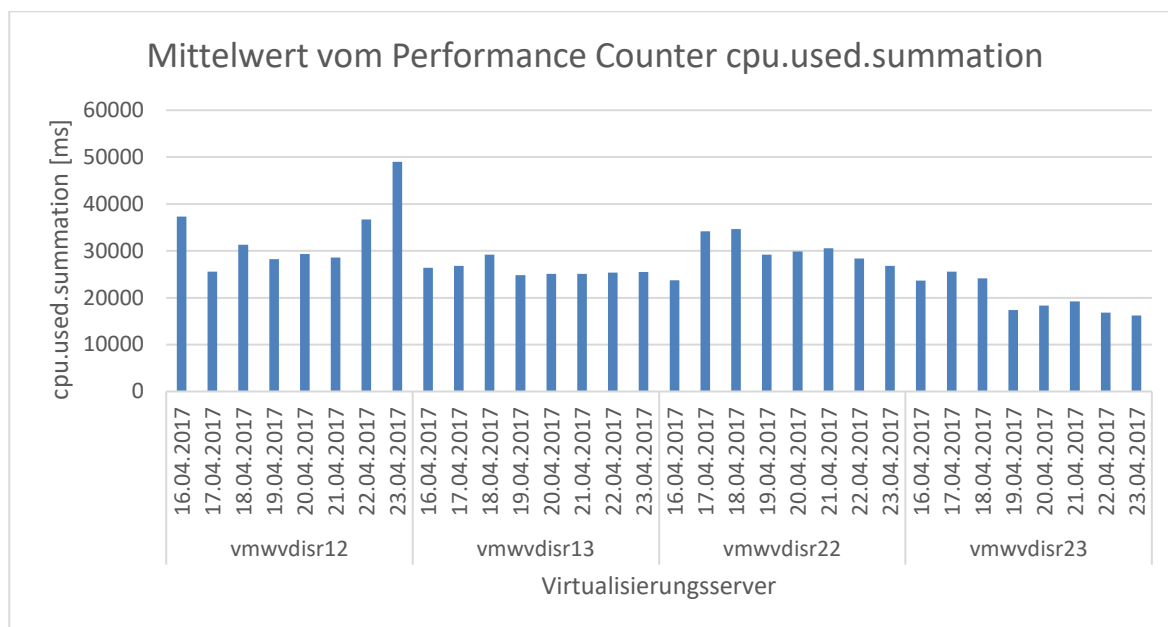
**Abbildung 28: Mittelwert des Performance Counter mem.consumed.average pro Tag für die vier Virtualisierungsserver**

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Auslastung des Arbeitsspeichers der vier Virtualisierungsserver im angegebenen Messzeitraum meist unter 85 GB liegt. Der Durchschnittswert des Performance Counter mem.consumed.average aller Virtualisierungsserver beträgt 74793024,74 KB oder 71,33 GB. Dieser Wert entspricht einer Auslastung von 27,86 % des verbauten Arbeitsspeichers in Höhe von 256 GB pro Virtualisierungsserver.

Um die CPU-Auslastung der VMware ESXi Virtualisierungsserver zu sehen, wird im Beispiel der Performance Counter cpu.used.summation verwendet. Dieser gibt die Nutzungszeit der CPU des Virtualisierungsserver in Millisekunden an. In der restlichen Zeit befindet sich die CPU im Idle-Zustand. Die Idle-Zeit entspricht dem Wert des Performance Counter cpu.idle.summation. Im Beispiel wird der Performance Counter cpu.used.summation aus dem Performance Counter cpu.idle.summation berechnet. Die Summe aus den beiden Performance Countern, cpu.used.summation und cpu.idle.summation, kann maximal einen Wert von 20000 Millisekunden pro physischem CPU Kern erreichen. Ein Virtualisierungsserver im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH hat jedoch 24 physische Kerne („siehe: Tabelle 7“). Damit ist der Wert des Performance Counter cpu.used.summation = 24 x 20000 ms – dem Wert des Performance Counter cpu.idle.summation. Eine Tabelle mit dem errechneten Performance Counter cpu.used.summation für die vier Virtualisierungs-

server befindet sich in Teil 2 der Anlagen („siehe: Anlagen, Teil 2“). Dabei ist pro Virtualisierungsserver und Tag der durchschnittliche Wert des Performance Counter über einen Zeitraum von einer Woche dargestellt.

In folgender Grafik ist der durchschnittliche Wert des Performance Counter `cpu.used.summation` pro Tag und Virtualisierungsserver über einen Zeitraum von einer Woche dargestellt („siehe: Abbildung 29“):



**Abbildung 29 : Mittelwert des Performance Counter `cpu.used.summation` pro Tag und Virtualisierungsserver über eine Woche**

Der Durchschnittswert des Performance Counter `cpu.used.summation` beträgt im beobachteten Zeitraum von einer Woche für alle vier Virtualisierungsserver 27278,73 ms. Bei einer maximal möglichen Nutzungszeit von 480000 ms ergibt dies eine durchschnittliche CPU-Nutzung von 5,68 %. Im Umkehrschluss ergibt sich daraus eine CPU-Idle in Höhe von 94,32 %.

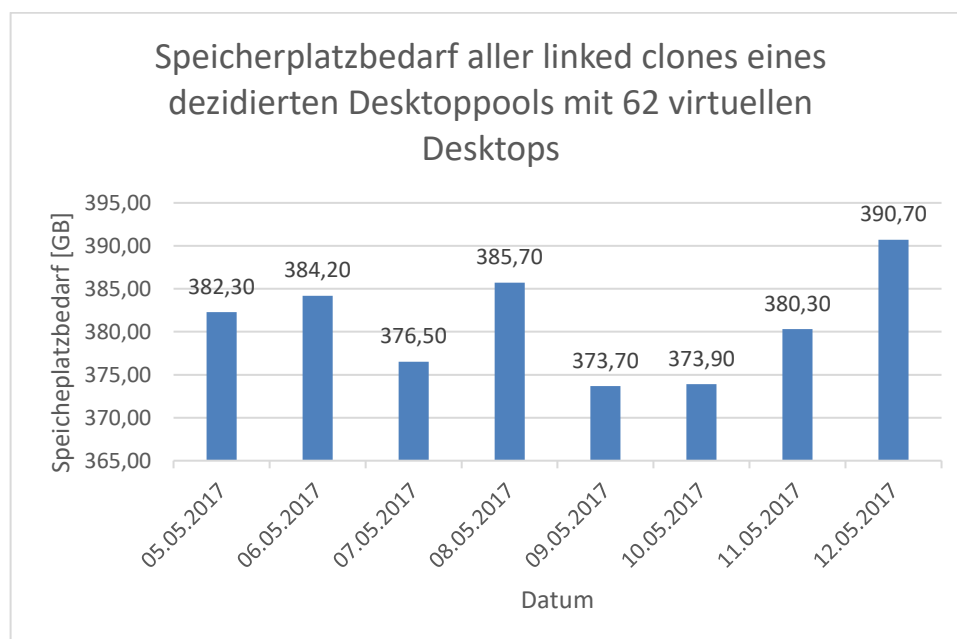


## 6.3 Überprüfung des Speicherplatzbedarfs eines Desktop-pools

Zur Ermittlung des belegten Speicherplatzes eines Desktoppools auf der Storage wird der Speicherplatz der einzelnen linked clones, die diesem Pool angehören, summiert.

Vorgehensweise: Die Dateien der VM, die einen linked clone ausmachen, befinden sich alle in einem Ordner. Der Name dieses Ordners entspricht dem Namen des virtuellen Desktops. Alle VMs, die einem Desktoppool angehören, sind im Fall der Tirol Kliniken GmbH beliebig auf den vier LUNs verteilt. Es wird von einem Virtualisierungsserver ausgehend die Größe der VM-Ordner von jeder einzelnen der vier LUNs ausgewertet und anschließend den virtuellen Desktops in einer Tabelle zugeordnet („siehe: Anlagen, Teil 3“).

In der folgenden Abbildung ist die Größe der Summe aller linked clones eines dezidierten Desktoppools mit 62 virtuellen Desktops pro Tag in einem Zeitraum von einer Woche dargestellt („siehe: Abbildung 30“):



**Abbildung 30: Speicherplatzbedarf aller linked clones eines dezidierten Desktoppools mit 62 virtuellen Desktops**

Aus der Abbildung („siehe: Abbildung 30“) lässt sich gut erkennen, wie sich der Speicherplatzbedarf des Desktoppools zeitlich ändert. Diese Änderungen bestehen aber nicht nur aus einer stetigen Erhöhung des Speicherbedarfs durch das stetige Wachsen der linked clones, sondern der Speicherplatzbedarf wurde auch während dieser Woche auf Grund von Speichersparfunktionen der linked clones weniger. Im Beispiel der Tirol Kliniken GmbH schwankt er im Beobachtungszeitraum von einer Woche um einen Wert von 17 GB. Aus den erhobenen Daten ergibt sich eine durchschnittliche Größe von 380,91 GB des beobachteten Desktoppools. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Wert von 6,14 GB je linked clone with persistent disk. Für den gesamt benötigten Speicherplatz muss noch pro LUN ein Replica dazu addiert werden. Es ergibt sich somit ein durchschnittlicher Gesamtspeicherplatzbedarf für einen dezidierten Desktoppool mit 62 virtuellen Desktops mit linked clones with persistent disks von 542,91 GB.

## 7 Ergebnisse und Erkenntnisse

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Auswahl, Konzeption und prototypischen Implementation einer Virtual Desktop Infrastruktur am Beispiel eines Unternehmens.

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit den Grundlagen der Server- und Desktopvirtualisierung und dem Prozess der Auswahl einer geeigneten VDI für das Beispielunternehmen. Dabei wurde für die gestellten Anforderungen des Beispielunternehmens ersichtlich, dass sich die betrachteten VDI-Lösungen der Marktführer technisch nur geringfügig unterscheiden. Als Entscheidungsgrundlage für ein Produkt sind daher sicherlich auch nicht funktionale Anforderungen in Betracht zu ziehen. Im Weiteren ist nach Meinung des Autors zu betrachten, welche Infrastruktur zur Virtualisierung bereits im Unternehmen vorhanden ist, da damit wahrscheinlich schon ein gewisses Knowhow im Umgang mit dem Produkt und eventuell bereits Kontakte zum Hersteller bestehen. Dieser Punkt sollte bei der Wahl eines geeigneten Anbieters unbedingt beachtet werden.

Anschließend wurde eine Virtual Desktop Infrastruktur des Herstellers VMware nach den Anforderungen der Tirol Kliniken GmbH konzipiert und dimensioniert. Dabei wählte der Autor aus technischer Sicht ein möglichst einfaches Konzept für die Umsetzung der VDI-Lösung für das Beispiel Unternehmen aus, damit der administrative Aufwand möglichst gering gehalten wird. Als wichtiger Sicherheitsaspekt wurde auch die vorhandene 2-Faktor-Authentifizierung für externe Zugriffe auf die virtuellen Desktops im Konzept berücksichtigt.

Als Grundlage bei der Dimensionierung griff der Autor auf offizielle Dokumente des Herstellers zurück. Anhand des verwendeten Servertyps und durch die Ermittlung der Arbeitsspeicher- und CPU-Anforderungen konnte die Anzahl der benötigten Virtualisierungsserver erhoben werden. Bei der Ermittlung der Storagekapazitätsanforderung wurden die verschiedenen Möglichkeiten, die bei der Provisionierung der virtuellen Desktops zur Verfügung stehen, erläutert, dadurch konnte bei der Dimensionierung festgestellt werden, dass durch den Einsatz von linked clones der Speicherplatzbedarf der virtuellen Desktops erheblich gesenkt wird.

Nach der Dimensionierung erfolgte die prototypische Installation der VDI-Umgebung innerhalb der Tirol Kliniken GmbH. Hier konnte der Autor einen detaillierten Einblick in den Ablauf der Implementation und Konfiguration einer VMware Horizon 6 VDI-Lösung geben. Es sollte somit möglich sein, eine VDI-Umgebung, wie im Konzept am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH dargestellt ist, aufzubauen.

Zum Abschluss wurde der benötigte Ressourcenbedarf des VDI-Konzeptes im Betrieb auszugsweise überprüft. Mit Hilfe bestimmter Performance Counter, welche über einen Zeitraum von einer Woche aufgezeichnet wurden, konnte ein Überblick über die tatsächliche Arbeitsspeicher- und CPU-Auslastung der Virtualisierungsserver gewonnen werden. Es ist aus dem Ergebnis ersichtlich, dass die Auslastung der eingesetzten Virtualisierungsserver mit durchschnittlichen 27,86 % für den Arbeitsspeicher und mit durchschnittlichen 5,68% für die CPU-Auslastung gering ist.

Exemplarisch wurde auch der Speicherplatzbedarf eines Desktoppools im laufenden Betrieb über einen Zeitraum von einer Woche erhoben. Wie bei der Virtualisierungsserverauslastung konnte auch hier, im Gegensatz zu den ermittelten Werten bei der Dimensionierung, ein geringerer Wert gemessen werden.

## Literaturverzeichnis

BITKOM (Hg.) (2012): Desktop-Virtualisierung. Leitfaden. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2012/Leitfaden/Leitfaden-Desktop-Virtualisierung/FirstSpirit-1433849985607LF-Desktop-Virtualisierung-l-10082012.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Boyd, K. (2015): VMware Horizon 6 Storage Considerations. TECHNICAL WHITE PAPER. Hg. v. Inc. VMware. Online verfügbar unter <http://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/vmware-horizon-view-mirage-workspace-portal-app-volumes-storage.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hg.) (2011): BSI - M 3 Maßnahmenkatalog Personal - IT-Grundschutz-Kataloge - M 3.70 Einführung in die Virtualisierung. Online verfügbar unter [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/\\_content/m/m03/m03070.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/_content/m/m03/m03070.html), zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Chou, Y. (2010): Remote Desktop Services (RDS) Architecture Explained. Hg. v. Microsoft. Online verfügbar unter <https://blogs.technet.microsoft.com/yungchou/2010/01/04/remote-desktop-services-rds-architecture-explained/>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Citrix (Hg.) (2016): Konzepte und Komponenten. Online verfügbar unter <https://docs.citrix.com/de-de/xenapp-and-xendesktop/7-6/xad-architecture-article/xad-core-concepts.html>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Gronau, N. (2001): Auswahl und Einführung industrieller Standardsoftware. PPS Management 6. Arbeitsbericht WI - 2001 - 06. Online verfügbar unter [https://wi.uni-potsdam.de/hp.nsf/0/7C32B4B06B919BB6C1256FB10050B0CE/\\$FILE/WI-2001-06.pdf](https://wi.uni-potsdam.de/hp.nsf/0/7C32B4B06B919BB6C1256FB10050B0CE/$FILE/WI-2001-06.pdf), zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Grover, S. (2015): Designing Hyper-V solutions. Birmingham: Packt Publishing (Safari Tech Books Online).

Haletky, E. L. (2008): Virtual Desktop Infrastructure: A concept more than a product. Hg. v. Inc. IDG Communications. Online verfügbar unter <http://www.cio.com/article/2436048/virtualization/virtual-desktop-infrastructure--a-concept-more-than-a-product.html>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Hitachi Data Systems (Hg.) (2013): Hitachi Unified Storage VM Architecture Guide. Online verfügbar unter <https://www.hds.com/en-us/pdf/architecture-guide/hitachi-architecture-guide-hus-vm.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Johnson, D. K. (2015): Forrester Wave: Server-hosted Virtual Desktops, Q3 2015. Hg. v. Forrester Research. Online verfügbar unter [https://www.citrix.com/content/dam/citrix/en\\_us/documents/products-solutions/forrester-wave-server-hosted-virtual-desktops-q3-2015.pdf](https://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/products-solutions/forrester-wave-server-hosted-virtual-desktops-q3-2015.pdf), zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Kühnapfel, J. B. (2014): Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb. Wiesbaden, Germany: Springer Fachmedien (Essentials).

Mandl, P. (2014): Grundkurs Betriebssysteme. Architekturen, Betriebsmittelverwaltung, Synchronisation, Prozesskommunikation, Virtualisierung. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg (Lehrbuch).

Microsoft (Hg.) (2015): Ende des Supports für Windows Server 2003 | Microsoft. Online verfügbar unter <https://www.microsoft.com/de-at/mrap/products/windows-server-2003/>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Provazza, A. (2013): Understanding nonpersistent vs. persistent VDI. Hg. v. TechTarget. Online verfügbar unter <http://searchvirtualdesktop.techtarget.com/feature/Understanding-nonpersistent-vs-persistent-VDI>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Rouse, M. (2011): What is remote desktop connection broker? - Definition from WhatIs.com. Hg. v. TechTarget. Online verfügbar unter <http://searchvirtualdesktop.techtarget.com/definition/remote-desktop-connection-broker>, zuletzt aktualisiert am Dezember 2011, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Schimscheimer, F. (2013): Server and Storage Sizing Guide for Windows 7 Desktops in a Virtual Desktop Infrastructure. Hg. v. VMware. Online verfügbar unter <http://www.vmware.com/techpapers/2013/server-and-storage-sizing-guide-for-windows-7-virt-10402.html>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Spruijt, R. (2013): solutions overview and feature comparison matrix - v2.3. Hg. v. PQR. Online verfügbar unter <http://www.pqr.com/download/vdi-smackdown>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

THE COMPUTER LANGUAGE COMPANY INC. (Hg.) (ohne Jahr): Computer Desktop Encyclopedia. A CDE Definition blade PC. Online verfügbar unter [http://lookup.computer-language.com/host\\_app/search?cid=C9999999&term=blade+PC&lookup.x=39&lookup.y=26](http://lookup.computer-language.com/host_app/search?cid=C9999999&term=blade+PC&lookup.x=39&lookup.y=26), zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Tirol Kliniken GmbH (ohne Jahr): Klinisches Informationssystem KIS. Online verfügbar unter <https://www.tirol-kliniken.at/page.cfm?vpath=ueber-uns/organisationsstruktur/informationstechnologie/klinisches-informationssystem-kis>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2015a): Performance Best Practices for VMware vSphere 6.0. Online verfügbar unter <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/vmware-perfbest-practices-vsphere6-0-white-paper.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2015b): Planung der View-Architektur. Online verfügbar unter <http://pubs.vmware.com/horizon-62-view/topic/com.vmware.ICbase/PDF/view-62-architecture-planning.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2015c): Scenarios for Setting Up SSL Certificates for View. Online verfügbar unter <https://pubs.vmware.com/horizon-62-view/topic/com.vmware.ICbase/PDF/view-62-scenarios-ssl-certificates.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2015d): vSphere Web Services SDK Programming Guide. Online verfügbar unter [http://pubs.vmware.com/vsphere-60/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vsdk\\_prog\\_guide\\_6\\_0.pdf](http://pubs.vmware.com/vsphere-60/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vsdk_prog_guide_6_0.pdf), zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2016): Einrichten von Desktop- und Anwendungspools in View. Online verfügbar unter <https://pubs.vmware.com/horizon-62-view/topic/com.vmware.ICbase/PDF/view-62-setting-up-desktops.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2017a): View-Installation. Online verfügbar unter <http://pubs.vmware.com/horizon-62-view/topic/com.vmware.ICbase/PDF/view-62-installation.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

VMware, Inc. (Hg.) (2017b): vSphere-Überwachung und -Leistung - vSphere 6.0. Online verfügbar unter <http://pubs.vmware.com/vsphere-60/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vsphere-esxi-vcenter-server-601-monitoring-performance-guide.pdf>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Vogel, R.; Koçoğlu, T.; Berger, T. (2010): Desktopvirtualisierung. Definitionen - Architekturen - Business-Nutzen ; mit 16 Tabellen. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (Praxis).

Wikipedia (Hg.) (2017a): Citrix Systems. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=162231528>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Wikipedia (Hg.) (2017b): Microsoft. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Microsoft>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Wikipedia (Hg.) (2017c): Remote Desktop Services - Wikipedia. Online verfügbar unter [https://en.wikipedia.org/wiki/Remote\\_Desktop\\_Services](https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_Desktop_Services), zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Wikipedia (Hg.) (2017d): VMware. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/VMware>, zuletzt geprüft am 16.05.2017.

Young, R.; Laing, D. (2016): IDC MarketScape. Hg. v. International Data Corporation (IDC). Online verfügbar unter [http://learn.vmware.com/39249\\_REG?asset=idcmarketscape&touch=1&cid=70134000001K2Zg&src=eucblog](http://learn.vmware.com/39249_REG?asset=idcmarketscape&touch=1&cid=70134000001K2Zg&src=eucblog), zuletzt geprüft am 16.05.2017.



## Anlagen

Teil 1 .....	A-I
Teil 2 .....	A-II
Teil 3 .....	A-III



# Anlagen, Teil 1

Auszug aus den VMware Memory Performance Counters:

Vmware Memory Performance Counters [KB]									
Datum	hostname	mem.heapfree.average	mem.consumed.average	mem.unreserved.average	mem.vmmemctl.average	mem.active.average	mem.zero.average	mem.granted.average	mem.swapused.average
16.04.2017	vmwvdisr12	28984,00	74437411,48	253176457	0	7748248,43	2215394,97	70280156,77	0
16.04.2017	vmwvdisr13	28983,98	74331679,53	253119934,4	0	7910375,07	2372815,74	70281943,45	0
16.04.2017	vmwvdisr22	28984,00	69175596,90	253405880,1	0	7816803,42	3037600,13	66100823,03	0
16.04.2017	vmwvdisr23	28983,00	79900337,49	253081756,7	0	7776856,34	1290840,74	74425420,12	0
17.04.2017	vmwvdisr12	28984,00	75110416,67	253178322	0	7849359,34	1750636,54	70279690,65	0
17.04.2017	vmwvdisr13	28983,98	74688196,25	253117072	0	8055821,28	2198904,23	70291091,8	0
17.04.2017	vmwvdisr22	28984,00	69622957,96	253403484,6	0	8082605,35	2654026,35	66096338,53	0
17.04.2017	vmwvdisr23	28983,00	79960875,61	253079394,8	0	7999039,06	1201240,29	74388220,7	0
18.04.2017	vmwvdisr12	28930,53	75293476,02	253159555,2	0	8692796,38	2058187,95	70733272,54	0
18.04.2017	vmwvdisr13	28983,99	73351399,06	253148296,4	0	8426776,89	2394199,61	69169072,41	0
18.04.2017	vmwvdisr22	28924,09	71707222,44	253301409,5	0	9045235,43	3224837,18	68659897,77	0
18.04.2017	vmwvdisr23	28983,35	77280924,17	253155978,6	0	7905005,42	1306328,19	71878444,93	0
19.04.2017	vmwvdisr12	28983,00	79104106,83	253018368,5	0	8365587,81	2190939,1	74574431,41	0
19.04.2017	vmwvdisr13	28984,00	68380261,63	253323621	0	7569418,11	1990323,69	63959553,17	0
19.04.2017	vmwvdisr22	28982,98	86486721,63	252789250,6	0	9839495,3	3049204,18	83079112,66	0
19.04.2017	vmwvdisr23	28985,00	65174945,14	253564251,2	0	6174787,46	1059722,8	59701537,81	0
20.04.2017	vmwvdisr12	28983,00	79287425,74	253001670	0	8689048,43	1974088,36	74561660,32	0
20.04.2017	vmwvdisr13	28984,00	68091926,67	253323147,4	0	7749660,44	2287779,96	63961430,23	0
20.04.2017	vmwvdisr22	28982,98	86357135,54	252788977,1	0	9836999,37	3227316,9	83082707,28	0
20.04.2017	vmwvdisr23	28985,00	64872279,05	253568087	0	6316076,59	1265708,47	59690306,87	0
21.04.2017	vmwvdisr12	28983,00	79005651,07	253004174	0	8600651,37	2244165,33	74564845,99	0
21.04.2017	vmwvdisr13	28984,00	67891444,29	253322192,8	0	7790914,76	2450477,62	63959153,75	0
21.04.2017	vmwvdisr22	28982,98	85380800,41	252786266,9	0	9889211,72	3987338,43	83080663,18	0
21.04.2017	vmwvdisr23	28984,96	66337740,72	253536399,2	0	6679144,95	1217951,5	61093304,89	0
22.04.2017	vmwvdisr12	28983,00	79300058,77	253004643,5	0	8698529,1	1950524,87	74573618,3	0
22.04.2017	vmwvdisr13	28984,00	68147103,79	253320082,1	0	7645730,11	2218501,15	63975252,71	0
22.04.2017	vmwvdisr22	28982,98	85616214,14	252786931,9	0	9501917,07	3847687,87	83096871,39	0
22.04.2017	vmwvdisr23	28984,97	67456417,97	253519259,4	0	6448340,86	908375,42	61826341,74	0
23.04.2017	vmwvdisr12	28983,00	79160799,71	253001939,5	0	8569845,01	2075133	74589596,75	0
23.04.2017	vmwvdisr13	28984,00	68388163,19	253321110	0	7563218,86	2068420,86	63985822,74	0
23.04.2017	vmwvdisr22	28982,98	86435059,27	252788088,7	0	9315446,76	3261442,25	83122514,09	0
23.04.2017	vmwvdisr23	28984,98	67642042,39	253519475	0	6370526,42	794979,52	61831167,53	0

## Anlagen, Teil 2

Berechneter Performance Counter cpu.used.summation:

Datum	hostname	Vmware CPU Counters [ms]	
		cpu.idle.summation	cpu.used.summation
16.04.2017	vmwvdisr12	442684,46	37315,54
16.04.2017	vmwvdisr13	453635,63	26364,37
16.04.2017	vmwvdisr22	456290,98	23709,02
16.04.2017	vmwvdisr23	456324,36	23675,64
17.04.2017	vmwvdisr12	454449,30	25550,70
17.04.2017	vmwvdisr13	453222,40	26777,60
17.04.2017	vmwvdisr22	445804,77	34195,23
17.04.2017	vmwvdisr23	454447,55	25552,45
18.04.2017	vmwvdisr12	448701,61	31298,39
18.04.2017	vmwvdisr13	450811,72	29188,28
18.04.2017	vmwvdisr22	445351,32	34648,68
18.04.2017	vmwvdisr23	455848,29	24151,71
19.04.2017	vmwvdisr12	451748,32	28251,68
19.04.2017	vmwvdisr13	455170,18	24829,82
19.04.2017	vmwvdisr22	450808,09	29191,91
19.04.2017	vmwvdisr23	462603,27	17396,73
20.04.2017	vmwvdisr12	450664,72	29335,28
20.04.2017	vmwvdisr13	454938,01	25061,99
20.04.2017	vmwvdisr22	450123,51	29876,49
20.04.2017	vmwvdisr23	461664,25	18335,75
21.04.2017	vmwvdisr12	451405,63	28594,37
21.04.2017	vmwvdisr13	454920,81	25079,19
21.04.2017	vmwvdisr22	449478,72	30521,28
21.04.2017	vmwvdisr23	460804,64	19195,36
22.04.2017	vmwvdisr12	443314,09	36685,91
22.04.2017	vmwvdisr13	454639,18	25360,82
22.04.2017	vmwvdisr22	451637,51	28362,49
22.04.2017	vmwvdisr23	463193,42	16806,58
23.04.2017	vmwvdisr12	430983,50	49016,50
23.04.2017	vmwvdisr13	454474,62	25525,38
23.04.2017	vmwvdisr22	453174,86	26825,14
23.04.2017	vmwvdisr23	463760,84	16239,16

## Anlagen, Teil 3

Ermittelte Größe der Replicas und der linked clones with persistent disk eines dezidierten Desktoppools am Beispiel der Tirol Kliniken GmbH.

Replica	Datenspeicher	Größe [GB]
replica-bf4a704b-1860-4b92-8f07-229d79660d80	L001	40,50
replica-6eff1ca5-59b0-4e8f-a670-df572c55a4ab	L002	40,50
replica-1f06aa7c-f386-439e-92c5-75b475acaf6d	L003	40,50
replica-4e350a7a-4382-4dc9-9c53-aaa866d2a88e	L004	40,50
<b>Summe</b>		<b>162,00</b>

virtueller Desktop	Datenspeicher	Größe[GB] am							
		05.05.2017	06.05.2017	07.05.2017	08.05.2017	09.05.2017	10.05.2017	11.05.2017	12.05.2017
WS00005831	L001	6,20	4,80	5,40	5,70	5,90	5,90	6,10	6,20
WS00005966	L001	5,90	6,00	4,00	4,30	4,30	4,80	5,10	5,10
WS00006442	L003	4,50	4,60	4,60	4,60	4,60	3,90	4,40	4,90
WS00006622	L001	6,40	6,80	6,80	6,90	6,90	6,40	6,90	7,30
WS00006753	L001	5,90	6,20	6,30	6,40	6,40	5,80	6,40	6,80
WS00006973	L001	5,80	5,90	6,00	6,00	5,00	5,20	5,20	5,50
WS00007122	L003	6,50	6,80	6,30	6,50	6,70	6,70	6,90	6,90
WS00008500	L004	6,00	6,30	5,30	5,80	5,40	5,30	5,80	6,20
WS00008501	L003	7,40	7,50	7,60	7,60	5,70	6,10	5,70	6,30
WS00008502	L003	6,90	7,00	7,20	7,50	7,50	7,60	7,90	7,90
WS00008503	L002	4,90	4,90	4,90	4,90	5,00	5,00	5,00	5,10
WS00008504	L003	4,80	4,30	3,90	4,30	4,70	4,70	4,80	5,10
WS00008505	L003	5,40	4,90	5,20	5,20	3,70	4,80	5,40	5,40
WS00008506	L003	5,00	5,40	5,40	5,60	5,60	5,80	5,90	5,90
WS00008507	L004	6,40	6,70	6,70	6,00	6,80	7,00	7,00	7,20
WS00008508	L004	7,00	7,20	5,60	6,30	5,80	6,40	6,60	6,60
WS00008509	L003	7,40	7,50	7,60	7,70	6,00	6,70	6,90	6,90
WS00008510	L004	5,80	4,60	5,20	5,50	5,50	4,90	5,50	5,80
WS00008511	L003	6,00	6,00	6,20	6,20	4,70	5,10	5,20	5,30
WS00008512	L004	6,00	6,50	6,20	6,30	6,40	6,50	6,50	6,50

WS00008513	L003	6,30	6,70	6,70	6,80	7,00	7,00	7,10	7,20
WS00008514	L004	6,30	6,30	6,30	6,90	7,20	7,20	7,20	7,20
WS00008515	L004	6,50	6,50	5,80	6,40	6,80	6,90	6,40	7,10
WS00008516	L003	5,70	5,80	5,80	5,80	5,90	5,90	4,70	5,20
WS00008517	L003	5,60	5,60	4,50	5,10	5,60	5,60	5,70	5,80
WS00008518	L003	6,30	6,70	6,70	7,00	7,10	7,10	7,10	7,30
WS00008519	L004	6,70	6,80	6,80	6,80	6,90	6,90	6,90	7,00
WS00008520	L004	6,90	7,10	4,60	6,10	6,60	6,60	6,60	6,70
WS00008521	L003	6,10	6,10	6,10	6,20	6,20	5,70	6,20	6,50
WS00008522	L003	7,60	7,60	8,00	7,90	7,90	5,60	6,30	6,50
WS00008523	L004	5,40	5,50	5,50	5,60	5,60	5,60	5,60	5,70
WS00008524	L003	8,00	5,40	5,80	6,10	7,60	6,10	7,30	7,60
WS00008525	L004	6,40	6,90	6,90	7,00	5,90	6,20	5,80	6,50
WS00008526	L004	6,10	6,50	6,50	6,60	6,00	5,50	6,00	6,40
WS00008527	L004	6,70	6,80	6,90	7,00	5,30	5,80	6,10	6,10
WS00008528	L003	7,50	4,90	6,00	6,60	7,10	7,20	7,50	6,50
WS00008529	L002	5,50	6,10	6,40	5,50	6,20	5,70	6,20	6,60
WS00008530	L004	6,50	6,50	6,60	6,80	4,50	5,00	5,20	5,30
WS00008531	L001	4,80	4,80	4,90	4,90	5,10	5,30	3,90	4,30
WS00008532	L002	4,00	5,20	5,70	5,70	5,30	5,20	5,70	5,70
WS00008533	L002	5,00	5,00	5,60	5,60	6,00	6,00	6,10	6,10
WS00008534	L003	6,00	6,30	6,30	6,50	6,70	6,70	6,80	6,00
WS00008535	L003	5,40	5,50	5,50	5,70	6,50	6,20	6,30	6,30
WS00008536	L004	7,30	7,40	7,50	7,60	5,90	6,40	6,70	6,70
WS00008537	L003	6,10	6,40	6,40	6,40	6,70	6,80	6,90	6,90
WS00008538	L002	7,20	7,40	7,40	7,40	5,80	6,30	5,70	6,40
WS00008539	L001	5,70	6,20	5,60	6,10	5,80	6,40	6,10	6,50
WS00008540	L001	7,70	7,70	5,80	6,20	6,20	5,80	5,70	6,30
WS00008541	L004	4,40	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,90	5,00
WS00008542	L003	5,40	6,10	5,60	6,10	6,50	6,10	6,00	5,60
WS00008543	L002	5,80	6,10	4,70	5,30	5,60	5,90	5,10	5,90
WS00008544	L004	6,60	6,80	6,10	5,70	6,40	6,70	6,70	7,10
WS00008545	L004	6,10	6,10	6,30	5,80	6,50	6,60	5,70	6,40
WS00008546	L003	6,90	7,10	7,20	7,20	4,10	5,50	6,00	6,00
WS00008547	L003	6,60	6,70	6,90	6,90	6,30	6,70	6,70	6,90
WS00008548	L004	6,30	5,90	6,40	5,90	5,90	6,50	6,70	6,70
WS00008549	L004	5,30	5,70	6,10	6,10	6,10	6,10	6,30	6,30
WS00008550	L003	7,30	7,40	7,50	7,50	6,00	5,70	6,30	6,40
WS00008551	L003	6,90	6,40	7,00	7,20	7,30	7,50	7,50	7,70
WS00008552	L004	7,00	7,20	7,10	7,20	7,40	5,70	6,40	6,40
WS00008553	L003	5,40	5,50	5,60	5,60	5,70	5,70	5,70	5,70
WS00008554	L002	6,80	6,80	6,20	6,80	7,10	7,10	7,30	7,30
<b>Summe</b>		<b>382,30</b>	<b>384,20</b>	<b>376,50</b>	<b>385,70</b>	<b>373,70</b>	<b>373,90</b>	<b>380,30</b>	<b>390,70</b>

# **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Telfs, den 29.Mai 2017

Ing. Roberto Palewicz